

Modelo de Melhoria Contínua na Cadeia de Abastecimento

Andreia Mendes Proença

Dissertação de Mestrado

Orientador FEUP: Prof. Paulo Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2017-06-26

Aos meus Pais e Irmã,

Resumo

Na realidade concorrencial das grandes empresas de retalho, o controlo de mercadorias e otimização de processos é fulcral quer para aumentar o poder de negociação e melhorar as operações internas, quer para oferecer o melhor serviço ao cliente. O projeto desenvolvido num dos maiores retalhistas portugueses (*Global Powers of Retailing 2017*) surge da necessidade de aumentar o controlo no transporte da mercadoria importada da China por via marítima, com o sentido de promover a sua concentração em pontos mais rentáveis e adequados às necessidades da empresa. Estas necessidades traduzem-se em: diminuição de custos, diminuição do tempo que a mercadoria se encontra em movimento e aumento das economias de escala, consequente da diminuição de portos ou centros de consolidação. O desafio reside no comportamento destas variáveis: a otimização de um indicador poderá trazer a deterioração de outros, sendo necessária uma escolha entre indicadores, muitas vezes difícil. Trata-se então de um problema de transporte por via terrestre e marítima abordado através da otimização multiobjectivo.

O trabalho realizado estudou, a partir da análise da situação inicial, a otimização do transporte em contentor completo (FCL- um só fornecedor) e em contentor consolidado (CB- mais que um fornecedor). A divisão da análise de otimização em contentor completo e consolidado era inevitável pois, neste último, a otimização do transporte implica a agregação de mercadoria que requer uma análise temporal, não existente em contentor completo.

Numa primeira fase, de avaliação da situação atual, fez-se a recolha de dados históricos e de referência relativos a custos e tempo. Constatou-se a elevada dispersão geográfica de pequenos volumes em contentor completo (FCL) e as assimetrias da distribuição temporal e volumétrica da mercadoria entre centros de consolidação (CB).

Ambos os problemas foram testados segundo vários cenários, caracterizados por função objetivo e restrições, recorrendo ao aplicativo OpenSolver do Microsoft Excel. Na otimização de consolidados houve a introdução do fator temporal na modelação justificada pela agregação de mercadoria semana a semana. Na análise das diferentes soluções, foi medido o impacto global das variáveis em estudo e quando pertinente, estudado o efeito particular das mesmas em cada negócio (Direção Comercial). Foi também estudada a sensibilidade das soluções à variação dos *inputs* dos problemas.

Por fim, foi feito um balanço entre custos e benefícios das soluções obtidas para cada problema e foram propostas soluções tendo em conta os objetivos definidos pela empresa.

A diminuição de custos totais e tempo médio das soluções propostas face à situação atual não é de grande expressão, o que indica uma já eficaz cadeia de abastecimento *as is*. No entanto, o número de portos e CFS's retirados é mais expressivo (44% e 33% respetivamente), que se irá refletir num aumento das economias de escala e benefícios qualitativos: o aumento de poder de negociação junto a armadores, maior capacidade de planeamento e a maior flexibilidade na tomada de decisões.

Improvement model in the Supply Chain

Abstract

In the retail business, there is a competitive reality that demands the merchandise control and process optimization either to increase the negotiation power and to improve the internal operations, either to offer the customer the best service. This project was developed in one of the biggest Portuguese retailers (*Global Powers of Retailing 2017*) and arises from the need to rise the control of merchandise that is imported from China by sea, promoting points of shipment that best fit the company's needs. These needs can be translated in optimizing variables with antagonistic behaviors: reducing the overall costs, the total time spent by the cargo in movement and the consequent decreasing in the number of piers used. It is a transport problem by land and sea.

This project studied, from the current situation analysis, the full container load (FCL) transport optimization and the optimization of consol container (CB) transport network. The analysis division in full container load and consol was mandatory once, in the consol analysis, the transport optimization is followed by the cargo aggregation that demands a temporal variable, not needed in full container.

In an initial assessment phase of as-is, it was collected historical data and references concerning time and costs. It was checked the high geographical dispersion of small volume in full container load (FCL) and the asymmetries in temporal and volumetric dispersion of cargo between container freight stations (CB).

Both of problems were tested under several scenarios, characterized by restrictions and objectives, using the Microsoft Excel application- Open Solver. In CB optimization, it was added the temporal factor (week-to-week analysis) to the base modeling used in FCL. First, was calculated the global impact in company and then a thinner analysis studying the impact in each Commercial Direction, when relevant. It was also study the solution sensibility facing the input's variation.

Finally, it was discussed the cost/benefit balance of the solutions found and the proposed solution for each problem was presented, accordingly the company goals.

The decreases in the time and cost values facing the as-is situation were not too expressive, what shows an already optimized chain. However, the decrease in the number of ports and CFS's used (44% e 33%, respectively) is more expressive, and it has as result the savings from major scale economies and other non-measurable benefits : major negotiation power with carriers, planning capacity and flexibility in the decision making process.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Eng.º Pedro Melo e ao Eng.º Raúl Magalhães pela oportunidade concedida e por todo o conhecimento e ensinamentos transmitidos. Ao Eng.º André Silva pela constante disponibilidade em ouvir os meus problemas e empenho na descoberta de novas soluções. Quero depois agradecer de forma geral a toda a equipa onde estive inserida, sempre disponível para me esclarecer e propiciar um ambiente saudável.

Agradeço ao Professor Paulo Osswald pela ajuda disponibilizada sempre que preciso, mais precisamente na redação da presente dissertação, e à Professora Maria Antónia Carravilla pela ajuda prestada sempre que solicitada.

De uma forma muito especial enaltecer os meus pais que tanto me ajudaram neste percurso que agora termina.

Por fim, um obrigado aos meus amigos e familiares que permitiram que esta tenha sido uma jornada incrível.

Índice de Conteúdos

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | A SONAE retalho e a logística internacional | 1 |
| 1.2 | Enquadramento do projeto..... | 2 |
| 1.3 | Objetivos | 3 |
| 1.4 | Método seguido no projeto..... | 3 |
| 1.5 | Estrutura da dissertação | 4 |
| 2 | Estado da Arte..... | 5 |
| 2.1 | Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento | 5 |
| 2.2 | Otimização de Rotas de Transporte..... | 6 |
| 2.2.1 | <i>Trade-off</i> de variáveis | 6 |
| 2.2.2 | Métodos de otimização multiobjectivo | 7 |
| 2.2.3 | Ferramentas de otimização | 8 |
| 2.3 | Transporte Logístico Marítimo..... | 9 |
| 2.3.1 | Equipamentos de Transporte..... | 9 |
| 2.3.2 | Tipologias de embarque e Consolidação de mercadorias | 10 |
| 2.3.3 | Comércio internacional | 11 |
| 2.4 | A China e as exportações | 12 |
| 3 | O problema e o seu contexto | 14 |
| 3.1 | Situação inicial | 14 |
| 3.1.1 | Cadeia Logística da empresa | 15 |
| 3.1.2 | Levantamento de Portos e Rotas dos armadores..... | 16 |
| 3.1.3 | Variáveis de Gestão..... | 16 |
| 3.1.4 | Análise de DC's | 22 |
| 3.2 | Problema..... | 23 |
| 3.3 | Objetivos | 23 |
| 4 | Modelo e soluções | 25 |
| 4.1 | Pressupostos | 25 |
| 4.2 | FCL 26 | |
| 4.2.1 | <i>Inputs</i> -Custos, Tempos e Volumes | 26 |
| 4.2.2 | Modelo Base..... | 28 |
| 4.2.3 | Cenários e Análise..... | 29 |
| 4.2.4 | Resumo e Proposta | 36 |
| 4.2.5 | Análise de Sensibilidade | 37 |
| 4.3 | CB 38 | |
| 4.3.1 | <i>Inputs</i> - Custos, Tempos e Volumes | 38 |
| 4.3.2 | Modelo Base..... | 39 |
| 4.3.3 | Cenários e Análise..... | 41 |
| 4.3.4 | Resumo e Proposta | 46 |
| 4.3.5 | Análise de Sensibilidade..... | 47 |
| 5 | Conclusões..... | 49 |
| | Referências | 51 |
| | ANEXO A: FCL | 53 |
| | ANEXO B: CB..... | 59 |
| | ANEXO C: Outros | 63 |

Siglas

BL – “*Bill of Lading*” - documento de transporte marítimo;

CB- “*Consol Box*” – contentor com mercadoria consolidada de vários fornecedores para um só cliente;

CBM- “*Cubic meter*” ou metro cúbico;

CFS – “*Container Freight Station*” ou centro de consolidação de mercadoria;

DC - Direção Comercial;

DLI- Direção de Logística Internacional- departamento da empresa onde o estudo foi desenvolvido;

FCL- “*Full Container Load*” - contentor completo com mercadoria de um só fornecedor para um só cliente;

FOB – Incoterm “Free-On-Board”

LCL- “*Less Container Load*” – contentor com grupagens de mercadoria de vários fornecedores para vários clientes;

OL - Operador Logístico;

SCFI- “*Shanghai Containerized Freight Index*” – cotação do frete no mercado chinês;

TEU- “*Twenty-foot Equivalent Unit*” - unidade de medida de volume correspondente a um contentor de 20’;

TT- Tempo de Trânsito do frete marítimo

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Organização Corporativa das Holding do Grupo Sonae ¹ | 1 |
| Figura 2-Exemplo de uma cadeia de abastecimento ou cadeia logística..... | 5 |
| Figura 3-Amorim, Network Design slides FEUP, 2015. Exemplo de uma análise trade-off | 7 |
| Figura 4 - Contentor Standard | 10 |
| Figura 5 - Fluxo FCL..... | 10 |
| Figura 6- Fluxo CB..... | 11 |
| Figura 7- Fluxo LCL | 11 |
| Figura 8 - Indicadores de atividade económica chinesa, CIEC Data Company and IMF staff calculations | 13 |
| Figura 9- Distribuição da tipologia de contentores por contentor completo e consolidado | 14 |
| Figura 10- Simplificação da cadeia logística estudada na empresa..... | 15 |
| Figura 11- Localização geográfica de portos e CFS's de embarque utilizados no ano de 2016 | 16 |
| Figura 12 -Desvios de tempo em Portos FCL -(Tempo referência- Tempo 2016) / Tempo Referência..... | 17 |
| Figura 13-Desvios de tempo em CFS's -(Tempo referência- Tempo 2016) / Tempo Referência | 17 |
| Figura 14- Custos médios de transporte /CBM - FCL | 19 |
| Figura 15-Custos médios de transporte/CBM - CB | 20 |
| Figura 16-Análise de volume total por Porto AS IS..... | 20 |
| Figura 17-Análise de volume FCL por Porto AS IS | 21 |
| Figura 18- Análise de volume CB por CFS AS IS | 21 |
| Figura 19- Taxas de utilização de contentor em FCL e CB, respetivamente | 22 |
| Figura 20- Análise de Volumes, Tempos e custos para cada porto FCL | 22 |
| Figura 21- Fluxo de mercadorias de importação provenientes da China e respetivos custos .. | 23 |
| Figura 22- Fluxo de mercadorias de importação provenientes da China e respetivos tempos. | 24 |
| Figura 23- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 1 FCL | 30 |
| Figura 24- Distribuição de portos para o cenário 1 | 30 |
| Figura 25- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 2 FCL | 31 |
| Figura 26- Fronteira de Pareto..... | 32 |
| Figura 28- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 3 FCL | 32 |
| Figura 27- Distribuição de portos para o cenário 3 | 32 |
| Figura 29- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 4 FCL | 33 |
| Figura 30- Distribuição de portos para o cenário 4 | 33 |
| Figura 31- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 5 FCL | 34 |
| Figura 32- Distribuição de portos para o cenário 5 | 34 |
| Figura 33- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 6 FCL | 35 |

| | |
|--|----|
| Figura 34- Distribuição de portos para o cenário 6 | 35 |
| Figura 35- Portos eliminados do cenário 6, e valor das respectivas variáveis | 36 |
| Figura 36- Diferencial de tempos e custos ocorridos na retirada do porto..... | 37 |
| Figura 37- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 1 CB | 42 |
| Figura 38- Distribuição de CFS's para o cenário1 | 42 |
| Figura 39 -Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 2 CB | 44 |
| Figura 40- Distribuição de CFS's para o cenário 2..... | 44 |
| Figura 41-Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 3 CB | 45 |
| Figura 42- Distribuição de CFS's para o cenário 3 | 45 |
| Figura 43- Número de contentores transacionados CB AS IS | 47 |
| Figura 44- Desvios das variáveis, resultante da deslocação da mercadoria dos CFS's em questão..... | 47 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Tipologias de contentor marítimo e respetivos volumes..... | 10 |
| Tabela 2- Aproximação de custo global/ m3 segundo custos fixados em 2016 em FCL | 19 |
| Tabela 3-Classificação de Pareto..... | 20 |
| Tabela 4- Taxas de câmbio usadas | 26 |
| Tabela 5- Tempo correspondente às distâncias de transporte Inland | 26 |
| Tabela 6- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 1 FCL..... | 30 |
| Tabela 7- Impacto das variáveis nas DC's cenário 1 FCL..... | 30 |
| Tabela 8- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 2 FCL..... | 31 |
| Tabela 9- Impacto das variáveis nas DC's cenário 2 FCL..... | 31 |
| Tabela 10- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 3 FCL..... | 32 |
| Tabela 11- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 4 FCL..... | 33 |
| Tabela 12- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 5 FCL..... | 34 |
| Tabela 13- Impacto das variáveis nas DC's cenário 5 FCL..... | 34 |
| Tabela 14- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 6 FCL..... | 35 |
| Tabela 15- Impacto das variáveis nas DC's cenário 6 FCL..... | 35 |
| Tabela 16- Compêndio de cenários e respetivos resultados em FCL..... | 36 |
| Tabela 17- Análise de sensibilidade - Custos Inland FCL | 38 |
| Tabela 18- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 1 CB..... | 42 |
| Tabela 19- Impacto do custo nas DC's cenário 1 CB | 42 |
| Tabela 20- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 1A CB | 43 |
| Tabela 21- Impacto do custo nas DC's cenário 1A CB | 43 |
| Tabela 22- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 2 CB..... | 44 |
| Tabela 23- Impacto do custo nas DC's cenário 2 CB | 44 |
| Tabela 24- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 3 CB..... | 45 |
| Tabela 25- Compêndio de cenários e respetivos resultados em FCL..... | 46 |
| Tabela 26-Análise de sensibilidade - Procura CB | 48 |
| Tabela 27- Análise de sensibilidade - Custos Inland CB | 48 |

1 Introdução

1.1 A SONAE retalho e a logística internacional

O presente trabalho foi desenvolvido em realidade empresarial num dos maiores retalhistas portugueses (*Global Powers of Retailing 2017*), a SONAE SGPS.

A SONAE SGPS é, atualmente, uma multinacional que gere um portefólio diversificado de negócios nas áreas de retalho, serviços financeiros, tecnologia, centros comerciais e telecomunicações. A empresa foi fundada em 1959 como uma companhia industrial dedicada à produção de painéis derivados da madeira. Em 1985 entra no domínio do retalho alimentar com a abertura do primeiro hipermercado e em 1999 expande-se para o retalho especializado com a criação de uma cadeia de lojas têxtil- a Modalfa¹. Ao longo do tempo foi crescendo na diversidade de áreas de negócio com aquisições nas mais diversas realidades, e está atualmente dividida em três grupos sendo que o grupo SONAE possui oito “sub-holdings”, identificadas na Figura 1.

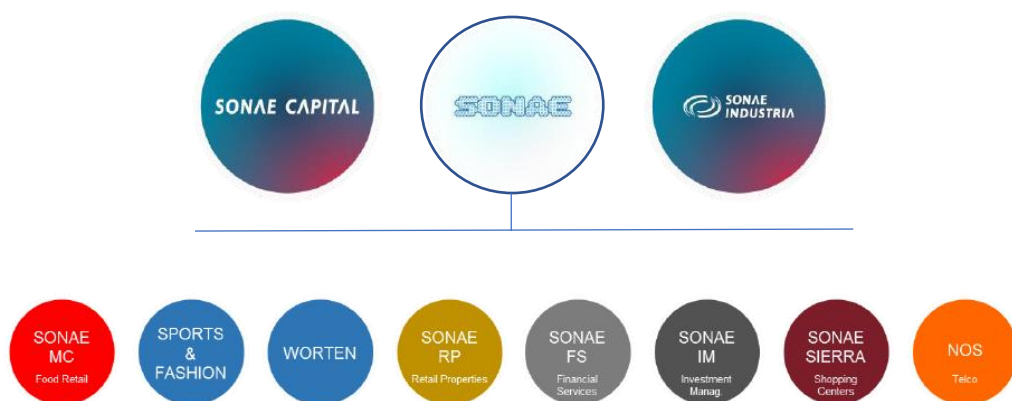


Figura 1 - Organização Corporativa das Holding do Grupo Sonae¹

Este projeto foi desenvolvido na área da logística internacional do retalho especializado. Neste contexto, a empresa possui três grandes áreas de negócio: retalho alimentar, desporto e moda e por fim a eletrónica. Cada área de negócio contém várias Direções Comerciais (DC's) ou marcas responsáveis por cada segmento do mercado de retalho e independentes entre si (Zippy, SportZone, Worten, etc.). Ao longo deste trabalho serão analisados os impactos dos resultados obtidos à DC, e por isso caracterizam-se desde já as mesmas pelo respetivo mercado de retalho:

¹ www.sonae.pt, 2017

- DC1, DC2, DC6, DC7: Retalho alimentar
- DC4, DC5: Desporto e Moda
- DC3: Eletrónica

A empresa começou o seu processo de internacionalização na área têxtil e está atualmente presente em 72 países. Na internacionalização, possui várias tipologias de negócio:

- Lojas orgânicas: a empresa detém 100% do negócio;
- *Joint Ventures*: a empresa participa em sociedades jurídicas que operam lojas;
- *Franchising*: numa estratégia denominada de capital *light*, a SONAE licencia as suas marcas e lojas a parceiros especialista em gerir franchisings;
- Grossista (ou *Wholesale*): a empresa vende apenas os produtos a um importador, um distribuidor ou a lojas multimarca.

Na importação, a SONAE recorre a fornecedores em 49 países diferentes, sendo que a China é o 1º fornecedor em termos de importações extracomunitárias com uma quota de 65% em valor de compras.

Para esta estratégia global é necessário ter uma equipa especializada que monitorize, acompanhe e suporte os processos de importação e exportação. Responsabilidades atribuídas ao Departamento de Logística Internacional (DLI), que apoia de forma transversal as diversas DC's, integrando e partilhando os processos referidos. Este projeto foi realizado no Departamento de Logística Internacional, mais concretamente na equipa de Operações Internacionais.

A equipa de Operação Internacionais é responsável pela negociação com os parceiros, pelo planeamento, modelização e controlo das operações de importação e exportação de todo o retalho garantindo a conformidade de processos, custos e tempos. A DLI é constituída por mais três equipas: Gestão de Fluxos, Controlo e *Reporting* e Processos Aduaneiros.

1.2 Enquadramento do projeto

A presente dissertação procura a otimização de variáveis implícitas no transporte de mercadoria em via terrestre e marítima: o tempo e custo total da cadeia e as economias de escala resultantes.

Esta análise irá ser focada nas importações provenientes da China que, como referido acima, ocupa o 1º lugar nas importações da empresa em regiões extracomunitárias. Uma vez que este país possui uma costa extensa (18.000 km)² e tem uma economia de exportação muito bem desenvolvida (1ª em termos mundiais)³, várias são as possibilidades para os pontos de embarque da mercadoria. Como resultado, o fornecedor tende a negociar esse embarque no porto que lhe seja mais favorável. A negociação é feita com as equipas de *sourcing* das diferentes direções comerciais que, muitas vezes, dão prioridade a determinadas características do processo de compra (tipo de pagamento, características do produto), em detrimento do porto mais conveniente em termos logísticos.

Neste cenário, os portos escolhidos pelos fornecedores poderão representar um incremento elevado de custo e tempo de trânsito na cadeia face a uma solução mais eficiente. A estes inconvenientes acresce a elevada dispersão de carga, que se poderá traduzir em atrasos e ineficiências na ocupação de contentores, com um consequente aumento de custos, e a perda

² <http://www.china.org.cn/english/travel/229567.htm>

³ <http://atlas.media.mit.edu/en/profile/country/chn/>

do poder de negociação de custos com os armadores. No ano de 2016, foram utilizados 23 portos ao longo da costa chinesa, sendo que 17 foram responsáveis por apenas 5% de volume.

O desafio deste projeto será então possibilitar o *trade-off* entre tempos e custos, remetendo para a empresa a valorização dos mesmos, diminuindo sempre que possível o número de portos a operar.

1.3 Objetivos

Utopicamente, os objetivos deste projeto seriam identificar o menor número possível de portos de embarque da mercadoria, que representaria o menor custo aliado ao menor tempo total da cadeia da empresa. Devido ao comportamento antagônico dos fatores a minimizar, isto é, a impossibilidade de otimização simultânea, terá de haver um *trade-off* entre estas variáveis - solução intermédia.

Sempre que a solução seja potencial, irá ser estudado o impacto dos resultados da mesma em cada DC (Direção Comercial). Um dos objetivos passará por evitar a existência de DC's prejudicadas nas variáveis em análise, sendo este um ponto importante para o projeto ter uma melhor aceitação pelos intervenientes e ser assim exequível.

Resumindo, os diferentes objetivos têm quatro naturezas distintas:

- A redução nos custos;
- A diminuição de tempo total despendido na cadeia, que além de colmatar potenciais atrasos e consequente *stockout*, permite à empresa outros ganhos não mensuráveis: a possibilidade de escolher produto com uma menor antecedência obtendo mais informação das tendências (essencial na indústria da moda, um dos negócios da empresa);
- O aumento das economias de escala resultantes da maior concentração de mercadoria, que poderá ter um grande impacto na cadeia, embora muitas vezes não mensurável a curto prazo: com um menor número de portos e maior concentração da carga o poder de negociação perante os parceiros é maior, aumentando o controlo no transporte da mercadoria e a eficiência da cadeia;
- A transversalidade dos benefícios da solução nas diferentes DC's, de modo a aumentar a receptividade dos negócios ao presente projeto.

1.4 Método seguido no projeto

O projeto desenvolveu-se durante aproximadamente quatro meses (ver gráfico de Gantt, Figura 4C do Anexo C). No primeiro mês houve uma fase de integração na empresa e de conhecimento de contexto: apresentação das diferentes equipas da DLI e do seu papel dentro do departamento e introdução às equipas de logística das diferentes DC's e às suas necessidades, uma vez que são eles os principais "clientes" da DLI. Foi também visitado um dos entrepostos não alimentar da empresa e várias lojas das diferentes DC's de modo a perceber como a distribuição de mercadoria é realizada ao longo da restante cadeia de valor.

Seguidamente teve início o estudo do problema propriamente dito, começando pelo levantamento da situação encontrada em termos de portos e volumes, bem como os valores de referência dos custos e tempo dos transportes. As rotas e tempos de transporte estavam disponíveis nos websites dos parceiros, o que exigiu uma pesquisa exaustiva, os custos e volumes foram disponibilizados em ficheiro Excel. Depois de ter sido caracterizada a situação *as is*, foi iniciado o estudo da melhoria. A análise foi dividida em duas partes: a otimização do transporte em contentores completos e em contentores consolidados, e foi realizada em função de custos totais e tempos médios. Para a otimização, foi usada a ferramenta do Microsoft Excel - Solver.

Para a análise de contentor completo, houve a necessidade de listar os tempos e custos de referência usados bem como a distância entre cidades. Inicialmente a otimização terá apenas um objetivo - minimização de tempo e depois minimização de custo, seguidamente irão ser adicionadas restrições com a variável não objetivo (Método das Restrições) e num dos problemas procurar-se-á a combinação das duas variáveis, através do Método Paramétrico. Como resultado para cada cenário obter-se-á a escolha de portos, o tempo médio de transporte e o custo total dos processos.

A análise de contentor consolidado exigirá uma robustez maior na modelização: este tipo de tipologia de embarque necessita de um estudo mais fino, uma vez que o volume a consolidar irá depender de semana para semana. Como resultado para cada cenário obter-se-á a escolha dos centros de consolidação, o tempo total de transporte, o custo total do processo, e a análise de sensibilidade.

1.5 Estrutura da dissertação

No presente capítulo é feita uma introdução à empresa e ao problema encontrado: analisado o enquadramento e as possíveis causas do problema, definidos os objetivos e traçada a metodologia de resolução. No capítulo 2 é feita uma revisão ao estado da arte: são analisados aspetos mais operacionais tais como a logística de retalho e a importação marítima, é também analisada a situação conjetural da China e por fim são estudados os aspetos mais técnicos da otimização: as ferramentas e as respetivas metodologias. No 3º capítulo é analisado o problema encontrado: é detalhada a situação inicial (*as is*), definido o problema e propostos os objetivos. No 4º capítulo são descritos os *inputs*, construídos os modelos para os problemas de contentor completo e consolidado e formulados os cenários com interesse para a análise. Seguidamente, são analisadas as soluções encontradas e proposta uma rede de portos para cada problema com a análise dos respetivos impactos. No final é feita uma análise de sensibilidade para um dos cenários de modo a validar o modelo e perceber quais são as variáveis mais críticas que podem alterar a solução. No 5º capítulo são sumarizadas as conclusões.

2 Estado da Arte

2.1 Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento

A logística integra-se no espectro da gestão empresarial e tem como principal papel otimizar a cadeia de abastecimento de forma integrada e coordenada, para uma melhoria global dos resultados do negócio. Na definição dada pelo *Council of Logistical Management*, Logística define-se como “*The process of planning, implementing, and controlling the efficient, effective flow and storage of goods, services, and related information from point of origin to point of consumption for the purpose of conforming to customer requirements.*”.

As atividades da cadeia de valor podem ser divididas em atividades primárias e de suporte, sendo a característica distintiva a maior ou menor contribuição para a criação global de valor. Segundo Carvalho (2004) a gestão logística insere-se nas atividades primárias, escolha justificada pelo seu impacto nas dicotomias custo/produtividade e valor/diferenciação. De acordo com o mesmo autor, a logística gera e sustenta vantagem competitiva ou criação de valor, quer pela componente de *inputs*, de *outputs* ou *procurement*.

Na logística do retalho, mercado cada vez mais competitivo, a máxima logística de “estar na hora certa, no local certo e na quantidade certa”, nunca fez tanto sentido como atualmente. Para o conseguir, a logística é responsável pela boa articulação das responsabilidades dos intervenientes- gestão do fluxo e armazenamento de bens e informação- com o mínimo custo possível, nunca comprometendo os níveis de serviço. A Figura 2 ilustra uma cadeia de abastecimento simplificada, com os seus principais intervenientes e custos associados:

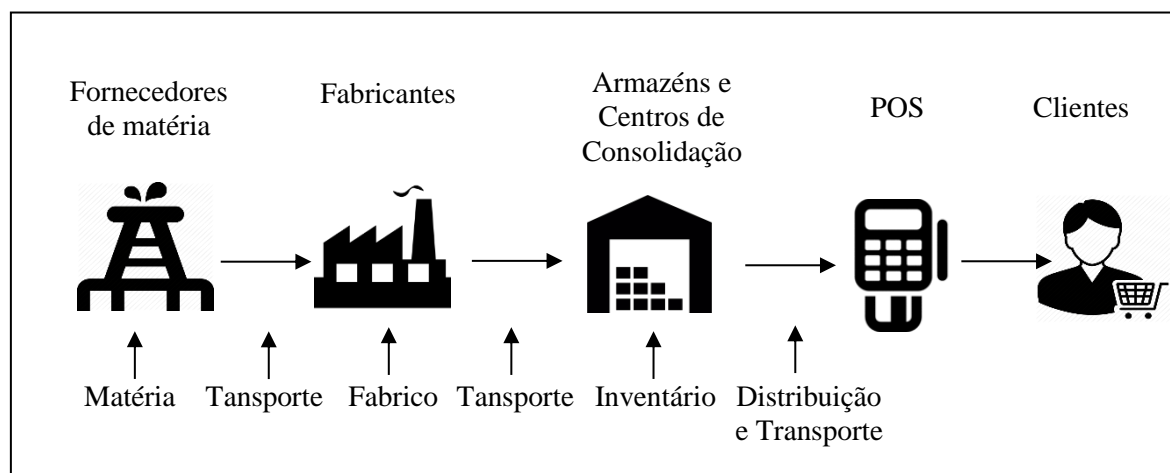


Figura 2-Exemplo de uma cadeia de abastecimento ou cadeia logística

Os setores mais sensíveis ao ambiente económico e à concorrência são cada vez mais propensos à instabilidade, com necessidades variáveis e planeamentos a curto prazo. Existem

inúmeras razões que podem justificar este facto: a competição que se tornou global, a acessibilidade e globalização do conhecimento ou os ciclos de vida do produto cada vez mais curtos (Amorim, 2015). Uma configuração logística apta a amortecer estes impactos e preparada para se adaptar continuamente à realidade da empresa é fulcral para manter a competitividade do negócio. O aumento do número de intervenientes da cadeia de abastecimento também poderá comprometer a estabilidade e a previsibilidade acima mencionadas, provocando o conhecido efeito de chicote ou *Bullwhip*. Para diminuir este efeito chicote é fundamental a verticalização e integração da informação com os diversos clientes internos e externos.

2.2 Otimização de Rotas de Transporte

Uma das componentes logísticas que mais compromete o nível de serviço ao cliente (interno e externo) é o transporte da mercadoria. Esta vertente da logística garante a movimentação do produto entre as várias entidades ao longo da cadeia de valor de forma eficaz, mantendo a sua integridade. De um modo genérico, estes custos de transporte representam em média cerca de 1/3 do custo logístico (Amorim, 2015), podendo ascender a 10% do custo total do produto (Rodríguez, 2017), dependendo do contexto e das variáveis.

A natureza do negócio e a estratégia são determinantes para a política de transporte. A otimização de uma rede de transporte poderá passar por decisões mais estratégicas: subcontratação ou flexibilidade pretendida (transporte vs. inventário) ou por decisões mais operacionais: a escolha de um ou vários meios de transporte, rota, *cross-docking*, etc. No retalho de comércio internacional, assiste-se a um aumento da distância média de transporte influenciado por uma concentração da produção de baixo custo nos países do Extremo Oriente. A otimização de transporte de longa distância é por isso importante para a maioria das empresas de retalho que possuam uma perspetiva global e internacional do negócio.

2.2.1 Trade-off de variáveis

Devido ao peso significativo do custo de transporte no custo logístico total, este merece uma atenção cuidadosa por parte da logística. No entanto, o custo de transporte não pode ser o único fator tido em conta na tomada de decisão. É necessário balancear todas as variáveis intrinsecamente presentes na cadeia de valor.

Na Figura 3 é possível visualizar um exemplo de uma decisão que envolve múltiplas variáveis (rúbricas de custo) com diferentes tendências face à variação do número de centros de distribuição. Neste exemplo, a decisão prende-se com o número de centros de distribuição a utilizar de forma a manter o nível de serviço ao menor custo logístico. Uma vez que é impossível obter o ótimo de todas as variáveis, é necessário balanceá-las para valores que traduzirão o maior benefício global e total para o negócio.

No entanto, o custo não é o único fator que guia a escolha do tipo de transporte ou a forma como a mercadoria é transportada. Existe um conjunto de outros agentes que também deve pesar na decisão, nomeadamente a cubicagem máxima permitida, a segurança que cada tipo de transporte oferece e ainda o nível de serviço que é necessário manter. O desafio reside em encontrar soluções que considerem e ponderem as diferentes variáveis consideradas, podendo assim este ser encarado como um problema multiobjectivo. No capítulo seguinte irão ser abordados métodos de resolução deste tipo de problemas.

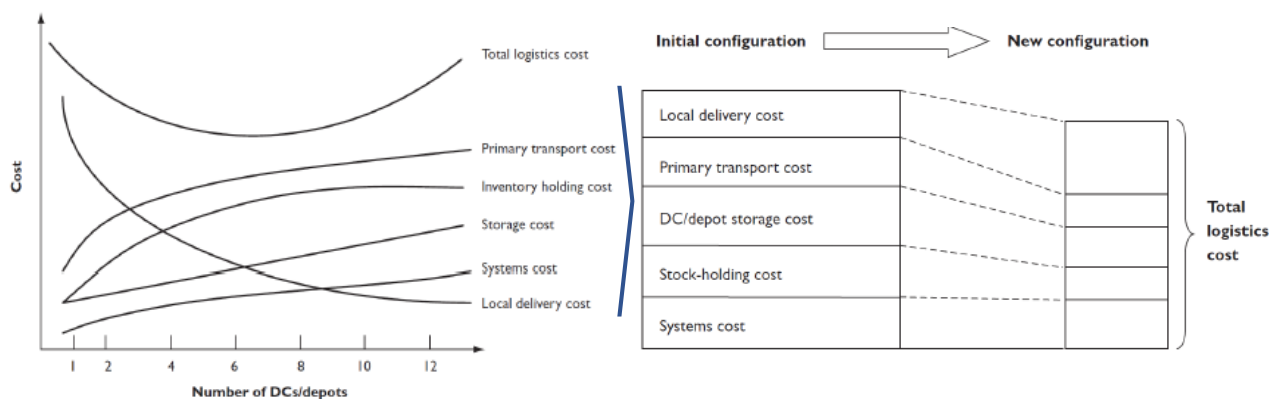


Figura 3-Amorim, Network Design slides FEUP, 2015. Exemplo de uma análise *trade-off*

2.2.2 Métodos de otimização multiobjectivo

No trabalho que realizaram para otimização de uma rede de transporte no âmbito de uma cadeia logística, Lam e Gu (2016) afirmam que a maioria dos modelos de otimização de rotas de transporte têm sido desenvolvidos com um único objetivo de minimização de custos e defendem que este não é o único objetivo a considerar nestes problemas. O modelo que desenvolveram tem em conta três objetivos: a minimização dos custos, do tempo de trânsito e do impacto ambiental. Já Sun e Lang (2015), ao serem confrontados com um desafio semelhante na modelização de um problema de transporte multimodal, optaram pela minimização do tempo e do custo realçando no seu trabalho a grande influência da variação da procura no resultado final.

O problema em estudo tem dois objetivos conflituosos: o custo e o tempo de transporte. Não é, portanto, possível otimizar os dois objetivos simultaneamente.

Neste projeto irão ser usados dois métodos analíticos multiobjectivo para obter um conjunto de soluções eficientes: o “Método das Restrições” que se baseia na noção de “equivalente escalar por restrições” (usado na maioria dos cenários); e o “Método Paramétrico”, onde a função objetivo é construída como a soma ponderada dos dois objetivos e que se baseia na noção de “equivalente escalar paramétrico” (usado apenas num cenário).

Método das Restrições

Assumindo o problema:

$$\text{Função Objetivo: Min } (f_1(x), f_2(x)) \quad (2.1)$$

$$\text{Restrições: } x \in S, \quad (2.2)$$

sendo x as variáveis de decisão, $f_1(x)$ e $f_2(x)$ as funções objetivo e S a região de soluções admissíveis. Neste método é otimizado uma das funções objetivo usando as restantes como restrições, sendo e_1 uma constante:

$$\text{Função Objetivo Min } f_1(x) \quad (2.3)$$

$$\text{Restrições: } f_2(x) \leq e_1 \quad (2.4)$$

$$x \in S \quad (2.5)$$

Método paramétrico

A otimização com recurso à soma ponderada das funções objetivo permite dar uma importância relativa às duas variáveis, resultando na construção da “fronteira de Pareto”.

Inicialmente, para se poder normalizar os valores de cada uma das funções objetivo, é determinada a solução ótima usando cada uma das funções objetivo:

$$\text{Função Objetivo: Min } f_1(x) \quad (2.6)$$

$$\text{Restrições: } x \in S, \quad (2.7)$$

e

$$\text{Função Objetivo: Min } f_2(x) \quad (2.8)$$

$$\text{Restrições: } x \in S, \quad (2.9)$$

sendo x as variáveis de decisão, $f_1(x)$ e $f_2(x)$ as funções objetivo e S a região de soluções admissíveis. Obtêm-se assim os valores ótimos para cada uma das funções objetivo: f_1^* e f_2^* . Para um valor mínimo encontrado de f_1^* corresponde um valor máximo de f_2 , designado de f_2^{**} , idem para o valor mínimo encontrado de f_2^* a que corresponde um valor máximo de f_1 , designado de f_1^{**} . Seja λ o parâmetro ponderador $\in [0,1]$.

O problema a resolver será então:

$$\text{Função Objetivo: Min } \left(\lambda * \frac{f_1(x) - f_1^*}{f_1^{**} - f_1^*} + (1 - \lambda) * \frac{f_2(x) - f_2^*}{f_2^{**} - f_2^*} \right) \quad (2.10)$$

$$\text{Restrições: } x \in S. \quad (2.11)$$

Depois de se estudar o tipo de problema e os métodos que modelam a sua resolução (Carravilha, Sousa e Matos 1995), no capítulo seguinte segue-se a descrição de ferramentas que permitem a obtenção da solução de uma forma expedita, visto os problemas em causa serem de grandes dimensões (529 e 990 variáveis para FCL e CB, respetivamente).

2.2.3 Ferramentas de otimização

O Solver é uma ferramenta de otimização incorporada no Microsoft Excel, disponibilizada e desenvolvida pela empresa de software *Frontline Systems*. É uma ferramenta útil para resolver problemas de otimização lineares e não lineares. A versão do solver fornecida por omissão com o Excel é, no entanto, limitada a 200 variáveis de decisão. Existem outros *softwares* que permitem a análise de problemas com mais variáveis, como é o caso do Open Solver. O Open Solver é uma extensão do Solver, desenvolvida na Universidade de Auckland, que não tem limite máximo relativamente ao número de variáveis e de restrições (Mason e Dunning, 2010).

Tanto no Solver como no Open Solver, as restrições e a função objetivo do problema são escritas na folha de cálculo com base nas variáveis de decisão, sendo o modelo construído dentro de uma janela dedicada. É também a partir dessa janela que se corre o modelo. Este é um sistema de modelação algébrico que se baseia nas relações de variáveis existentes nas fórmulas e que utiliza o Simplex, e o método de Branch and Bound.

Para resolução dos problemas de programação linear o Open Solver usa a ferramenta Open Source, Coin-OR CBC. Esta ferramenta começa por fazer um teste à linearidade do modelo, avisando caso essa condição não seja cumprida. O Open Solver cria um ficheiro que contém a definição do modelo e depois chama a linha de comandos CBC tendo este ficheiro como *input*. O CBC produz um ficheiro de saída que é depois lido pelo Open Solver: se a solução for encontrada, estes valores são escritos nas variáveis de decisão da folha de cálculo.

Para a identificação do modelo, o Open Solver preocupa-se apenas com as fórmulas que relacionam os objetivos e restrições às variáveis de decisão. O tempo para encontrar uma solução pode ser limitado e também existe um parâmetro para definir a tolerância para as variáveis inteiras na resolução do método de Branch and Bound (Appendix 5, Tuck University).

2.3 Transporte Logístico Marítimo

O transporte logístico pode ser repartido, de uma forma flexível, em duas vertentes: longo curso, associado ao transporte efetuado por navio, avião, comboio ou camião (*Truckload*) e de curto curso onde se destacam o camião (*Less-than-TruckLoad*) e o *short sea* (*ferry boats*). Estes modos de transporte poderão ser articulados dentro de um mesmo fluxo, passando assim de transporte unimodal para multimodal.

O transporte por água pode ser subdividido em duas vertentes: transporte fluvial – curto curso, utilizado em rios e lagos- e o transporte marítimo – longo curso, utilizado em mares e oceanos. O transporte marítimo tem sido o tipo de transporte de longo curso mais utilizado em todo o mundo com cerca de 90% (Keedi S., 2011) de toda a carga transportada mundialmente. É o meio mais adequado para cargas com grande volume e baixo valor agregado apresentando um custo bastante competitivo. Por outro lado, é o meio que apresenta uma menor velocidade e um menor controlo e flexibilidade, maioritariamente subcontratado e usado para satisfazer vários clientes na mesma viagem (*Common transportation*).

Numa operação de transporte marítimo, várias podem ser as entidades responsáveis pelo transporte e pela disponibilização e planeamento de infraestruturas:

- Os *carriers*, ou armadores, fornecem o serviço de transporte físico. No transporte marítimo, a oferta de armadores é relativamente limitada e justificada pelos recursos e flexibilidade necessárias para o transporte, nomeadamente navio e contentores, e as rotas internacionais. Nos armadores de maiores dimensões destacam-se a MAERSK, a MSC e a CMA-CGM;
- Operadores logísticos (OL), que no transporte marítimo são fulcrais para aproveitar economias de escala e fazer a ponte entre os *carriers* de grande dimensão e os clientes. Poderão ainda ser responsáveis por outras funções como: tratar dos processos logísticos, documentais, consolidação de mercadorias, serviços de valor acrescentado, etc...
- Os Governos, de extrema importância para fornecer as infraestruturas necessárias para o transporte acontecer e regular os mercados através de taxas e requisitos alfandegários.

2.3.1 Equipamentos de Transporte

No transporte marítimo a carga pode ser transportada a granel (*bulk*), solução mais comum no caso das matérias primas, individualmente ou agrupada - transportada em contentor marítimo. Quando transportada em contentor há a possibilidade de ser transportada em caixa ou em palete. Note-se que sempre que for referido “contentor” no presente trabalho, este remete para o contentor marítimo exemplificado na Figura 4.

O contentor é o meio mais usado para transportar carga no meio marítimo e é, em geral, construído em aço. O navio que transporta este tipo de mercadoria designa-se por porta-contentor. Conforme o tipo de carga a transportar, a temperatura poderá ser uma condicionante importante, existindo assim os contentores refrigerados (*reefer*) e os contentores *dry*, sem controlo de temperatura. Dentro da categoria dos contentores *dry*, existe ainda um maior desdobramento das tipologias de acordo com a natureza da carga e características especiais do contentor (Keedi S., 2011).



Figura 4 - Contentor Standard

Para contribuir para um maior intercâmbio entre navios e outros meios de transporte, as medidas dos contentores estão padronizadas. Sendo assim, os contentores são caracterizados pelo seu volume, existindo o volume teórico - volume total disponível denominado na gíria por volume ar/água- e um volume “considerado” ou aproximado, resultado da incapacidade de se conseguir ocupar a totalidade do volume (uma vez que mercadoria não é carregada a granel). O contentor de 20’ foi estabelecido como a unidade-padrão, representando um TEU – *Twenty Feet Equivalent Unit*. Todos os contentores possuem uma matrícula e por isso são únicos e identificáveis. Na Tabela 1 é possível comparar os volumes das tipologias de contentor mais utilizados e abrangidos neste estudo:

Tabela 1 - Tipologias de contentor marítimo e respetivos volumes

| <i>Tipologia</i> | <i>Volume Teórico</i> | <i>Volume Considerado</i> |
|------------------|-----------------------|---------------------------|
| 20’ | 33 m ³ | 28 m ³ |
| 40’ | 67 m ³ | 56 m ³ |
| 40’ HC | 76 m ³ | 68 m ³ |
| 45’ HC | 85 m ³ | 74 m ³ |

2.3.2 Tipologias de Embarque e Consolidação de mercadorias

O processo de transporte marítimo, comumente subcontratado, exige uma elevada coordenação entre os diferentes intervenientes. O local e data da carga (na origem) e descarga (no destino) do contentor deve ser definida entre o armador e o seu cliente *à priori*. A responsabilidade e a partição dos custos das diferentes partes envolvidas ao longo do processo, estarão explícitas no *Incoterm* usado (ver 2.3.3). Estas operações de carga e descarga assumem diferentes terminologias conforme o local onde acontecem, consequência da cubagem da mercadoria a transportar:

FCL (*Full Container Load*) ou Fluxo CY/CY (*Container Yard to Container Yard*)

Comumente designado por contentor completo, acontece quando é efetuada uma compra ao fornecedor cuja mercadoria ocupa o volume total do contentor. Neste tipo de tipologia, o fornecedor requisita um contentor vazio ao seu cliente, procede ao carregamento e sela-o nas suas instalações. A mercadoria tem apenas um destinatário/cliente e por isso o contentor só será aberto no domicílio do mesmo. O custo de frete é calculado ao contentor, independentemente da mercadoria.



Figura 5 - Fluxo FCL

CB (Consol Box) ou Fluxo CFS/CY (Container Freight Station to Container Yard)

Comummente designado por consolidação, utiliza-se quando o volume da mercadoria de um fornecedor não é suficiente para preencher o contentor e este terá de ser consolidado com a mercadoria de vários fornecedores. Neste processo o fornecedor entrega a carga nas instalações do operador logístico, que carrega o conjunto de cargas de outros fornecedores no contentor e sela-o no seu centro de consolidação. A mercadoria tem apenas um destinatário/cliente e por isso o contentor só será aberto no domicílio do mesmo. O custo de frete é calculado ao contentor, independente da mercadoria.

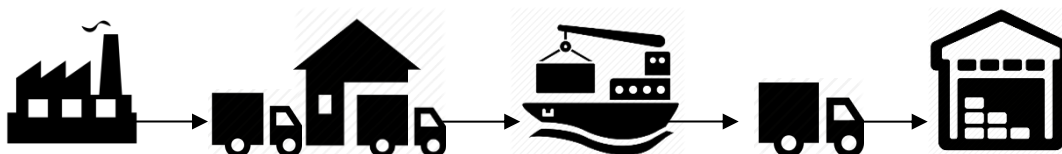


Figura 6- Fluxo CB

Fluxo CFS/CFS (Container Freight Station to Container Freight Station) ou LCL (Less Container Load).

Comummente designado por grupagem, é utilizado quando o somatório do volume das mercadorias dos fornecedores para um dado cliente não preenche um contentor, e como solução, agrupam-se vários fornecedores com diferentes clientes no mesmo contentor. Neste processo o fornecedor entrega a carga nas instalações de um terceiro operador ou *co-loader* (normalmente nomeado pelo OL), que em conjunto com a carga de vários fornecedores, carrega o contentor que é posteriormente selado. A mercadoria é de vários clientes, e por isso, após a chegada ao porto de destino é reencaminhado para um entreposto aduaneiro para ser desconsolidado e a carga ser entregue ao cliente respetivo. O custo de frete é calculado à unidade de volume, sendo por isso a tipologia de embarque mais cara e por isso o último fluxo a ser considerado no transporte.



Figura 7- Fluxo LCL

2.3.3 Comércio internacional

- *Incoterm*⁴

Os *Incoterms* são um conjunto de regras internacionais, publicadas pela *International Chamber of Commerce (ICC)*, que têm por objetivo regular as trocas internacionais de compra e venda e atribuir o ponto de mudança das responsabilidades, custo e risco, do vendedor para o comprador. A escolha do termo *Incoterms* depende de vários fatores, entre eles a mercadoria, país de origem e destino, etc.

Esta lista é composta por 11 *Incoterms*, no entanto apenas se detalha o *Incoterm* FOB por ser o utilizado nas importações da realidade em estudo. Os restantes estão disponíveis no Texto 5 do Anexo C.

⁴ <http://store.iccwbo.org/Incoterm-2010>

FOB - *free on board*- é um dos *Incoterms* mais utilizado no transporte marítimo. Neste *Incoterm*, o ponto de passagem de risco acontece com a entrega das mercadorias a bordo do navio designado pelo comprador (independentemente da tipologia de embarque escolhida). Até este ponto, todos os custos e riscos de perda ou dano da mercadoria é de sua responsabilidade. Numa última etapa, o vendedor deve informar o comprador que as mercadorias foram entregues e fornecer-lhe uma prova (documento de transporte). Por sua vez o comprador também tem responsabilidades: se for contentor completo (FCL) deverá fornecer a designação do navio e o contentor, se o embarque for consolidado (CB) terá de indicar a localização do CFS (Keedi S., 2011).

- Documentação

O *Bill of Lading* (BL) é o documento que confirma conclusivamente que as mercadorias foram carregadas no navio e nele está expresso os termos de contrato do transporte. Este pode ser emitido pela companhia de navegação ou pelo operador logístico responsável e é entregue ao fornecedor após a carga. Cada entrega do fornecedor possui um BL correspondente: na tipologia de contentor completo (FCL) esse BL identifica o contentor e em contentor consolidado (CB) há dois documentos BL: o *MasterBL* identifica o contentor enquanto que o *HouseBL* identifica a carga. Cada BL emitido tem um ou mais custos associados pagos no porto de origem ou destino.

- Taxas

A importação e exportação envolve transações entre diferentes países ou zonas económicas. Com o objetivo de proteger a sua economia, os países recetores aplicam direitos aduaneiros à mercadoria. Estas taxas dependem do preço do frete, do país de destino e do tipo de material transportado, definido pela pauta aduaneira e são pagos no momento de desalfandegamento.

Além dos direitos aduaneiros, existem outras taxas que também têm de ser pagas: taxas de manipulação pagos ao porto (taxas portuárias): *THC- Terminal Handling Charges e Handling fee*; o custo do BL, entre outras que apenas estão presentes em tipologias específicas de embarque.

2.4 A China e as exportações

Em comércio internacional, a China é indubitavelmente o maior exportador mundial⁵. A força desta economia reside no exponencial crescimento das unidades de produção para exportação, sendo por isso considerada a “Fábrica do Mundo”. São vários os fatores que contribuem para a proclamação do maior *hub* de produção, mas indubitavelmente, o custo de produção cobrados pelos produtores e conseguidos no país é importante na escolha dos retalhistas de comércio internacional.

Nassimbeni e Sartor (2007), referem potenciais causas para este desenvolvimento: a mão de obra barata, a qualidade e quantidade de produto fornecido a um custo bastante competitivo, o forte investimento governamental chinês em plataformas logísticas de grande escala e respetivas infraestruturas e acessibilidades. A migração da produção para o leste Asiático apenas se tornou possível devido ao avanço exponencial das tecnologias de comunicação. O facto de o país possuir uma costa extensa, permite a utilização do transporte marítimo eleito pelos retalhistas pelo seu baixo custo. No entanto, a China está a abandonar a produção a baixo custo (sector industrial) e a focar-se na oferta de serviços, como se poderá observar na Figura 8. O *sourcing* empresarial começa agora a concentrar-se nas regiões do extremo oriente e subcontinente indiano.

⁵ <http://atlas.media.mit.edu/en/profile/country/chn/>

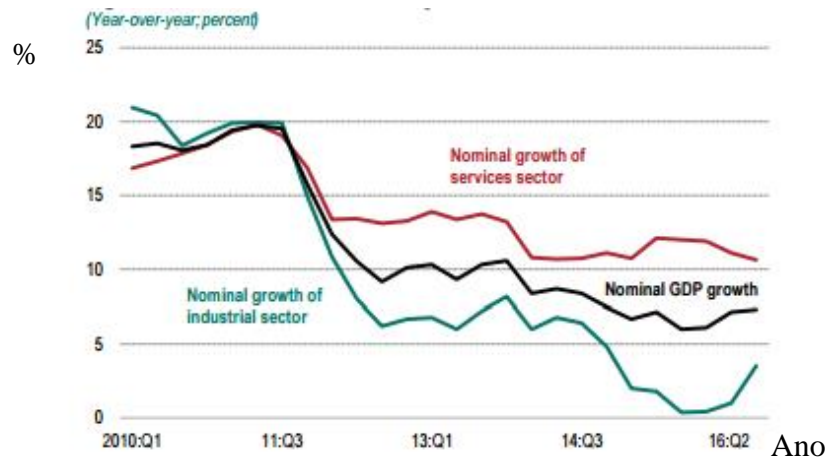


Figura 8 - Indicadores de atividade económica chinesa, CIEC Data Company and IMF staff calculations

3 O problema e o seu contexto

A análise irá ter por base as importações daquele que representa o maior cluster de fornecedores para a empresa, a China, tendo por base o ano de 2016. Uma vez que a natureza dos embarques FCL e CB é completamente distinta no que toca a unidades elementares de transporte e à própria cadeia de abastecimento, a análise será feita em separado para uma e outra tipologia.

3.1 Situação inicial

A empresa onde o estudo foi realizado é uma empresa de retalho com 7 DC's na área do desporto, moda, eletrodomésticos, bazar e alimentação. Na maioria destas unidades, o custo de fabrico nacional não compete com o custo de fabrico nos países do Extremo Oriente e o recurso à importação é fundamental para manter a competitividade do negócio.

Em 2016, cerca de 20 % (valor) da mercadoria comprada pela empresa foi importada de 50 países diferentes, sendo que 65% das importações extracomunitárias foram provenientes da China. Da mercadoria proveniente da China, cerca de 95% embarcou via marítima, e desta 86% da mercadoria embarcou em contentor completo (6063 TEU'S) e os restantes 14% foi importada em consolidação (996 TEU's), perfazendo um total de 7059 TEU's. Nos diferentes tipos de embarque a distribuição da tipologia de contentores poderá ser observada na Figura 9:

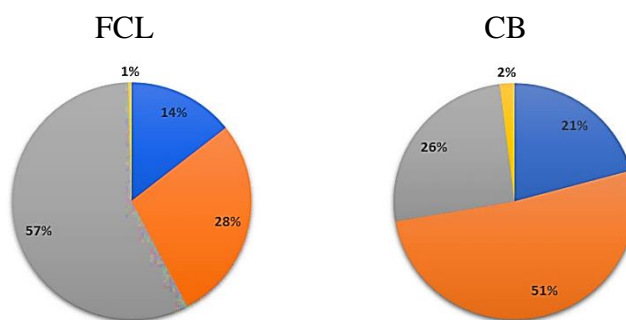


Figura 9- Distribuição da tipologia de contentores por contentor completo e consolidado

Nas importações da empresa, a unidade mínima de armazenamento é a caixa. Para o transporte, as caixas são agrupadas em contentores de forma a permitir a máxima utilização do espaço.

Com raras exceções, todos os embarques são negociados pelo *Incoterm* FOB.

Por razões de eficiência de espaço estudadas por parte dos armadores, existe a possibilidade de *transshipment* de contentores, isto é, a mudança dos mesmos para outros barcos durante o trajeto de transporte marítimo. No entanto, é algo que é alheio à empresa e considerado irrelevante desde que os tempos de trânsito sejam cumpridos e a mercadoria chegue intacta.

3.1.1 Cadeia Logística da empresa

A cadeia de abastecimento estudada, e esquematicamente simplificada na Figura 10, tem como primeiro interveniente o fornecedor que fabrica a mercadoria e é responsável pelo seu transporte até ao local estipulado. Na realidade da empresa, o fornecedor pode não disponibilizar a localização exata da unidade fabril e consequentemente o estudo respeitante a esta parte da cadeia será feito através de estimativas e valores de referência. Neste ponto da cadeia encontra-se uma bifurcação, dependendo do modo de embarque:

- No fluxo de contentor completo (FCL), o operador logístico reserva o contentor ao armador, disponibiliza-o ao fornecedor, faz o agendamento das datas de entrega e finalmente atesta o embarque do contentor.
- No fluxo de consolidação (CB), o operador logístico agenda as datas de entrega da mercadoria com os fornecedores nos centros de consolidação, consolida-as, e garante o embarque do contentor no porto próximo do CFS.

Na chegada a Portugal, a empresa é responsável pelo levantamento dos contentores no porto e posterior transporte até aos seus entrepostos. Se um mesmo contentor transportar mercadoria para diferentes direções comerciais e consequentemente diferentes entrepostos, a descarga será feita de forma sequencial num só veículo, processo que em termos logísticos se designa por *milk run*.

A empresa tem contratado um único operador logístico focado nas importações da China cujo custo de operação é independente do número de portos ou centros de consolidação (CFS's) a operar e por isso não será considerado na rubrica de custos. Este operador tem a responsabilidade de garantir que a mercadoria embarca no porto definido, fazendo a ponte entre fornecedores, armadores e a empresa. Como se constata, existem três momentos de transporte na cadeia de abastecimento: do fornecedor ao porto de origem ou CFS, do porto de origem para o porto de chegada (frete marítimo) e por fim o transporte do porto de chegada ao entreposto. Este estudo recairá na otimização dos custos (logísticos e portuários) nos três momentos de transporte e na otimização do tempo médio de transporte. Os CFS's do operador encontram-se próximos da área portuária e por isso o transporte entre o centro de consolidação e o porto é negligenciável.

Tanto o embarque de mercadoria consolidada como de contentor completo apenas pode ser realizado uma vez por semana. Esta restrição é justificada pela frequência da rota China-Portugal dos armadores contratados.

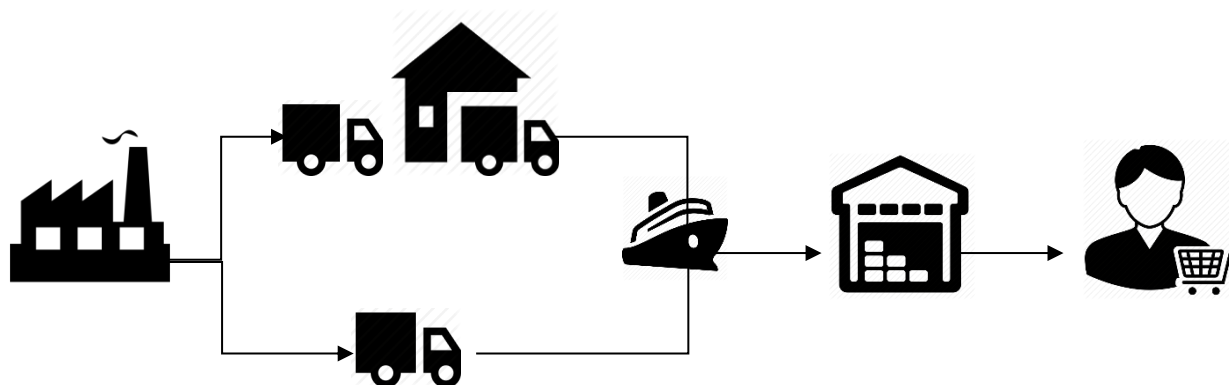


Figura 10- Simplificação da cadeia logística estudada na empresa

3.1.2 Levantamento de Portos e Rotas dos armadores

O operador logístico (OL) contratado pela empresa negocia com os maiores armadores mundiais, que possuem as rotas mais curtas e frequentes entre a China e Portugal. Procedeu-se à análise das rotas dos *carriers* utilizados e fez-se o levantamento dos respetivos portos de escala: estes portos foram definidos como portos principais. A mercadoria dos restantes portos (portos secundários) necessita de um transporte adicional - *feeder* - para integrar a rota nos portos principais.

Em 2016, as importações foram provenientes de 23 portos espalhados pela vasta costa chinesa. O atual OL possui seis centros de consolidação (CFS 's) localizados junto a portos principais cuja localização poderá ser observada na Figura 11. Qualquer porto/CFS é admissível para receber mercadoria proveniente de um outro, no entanto, é importante sublinhar que o arco de transporte estudado é o porto de origem (China) e o porto destino (Portugal), sendo o porto de origem (China) a variável de decisão.

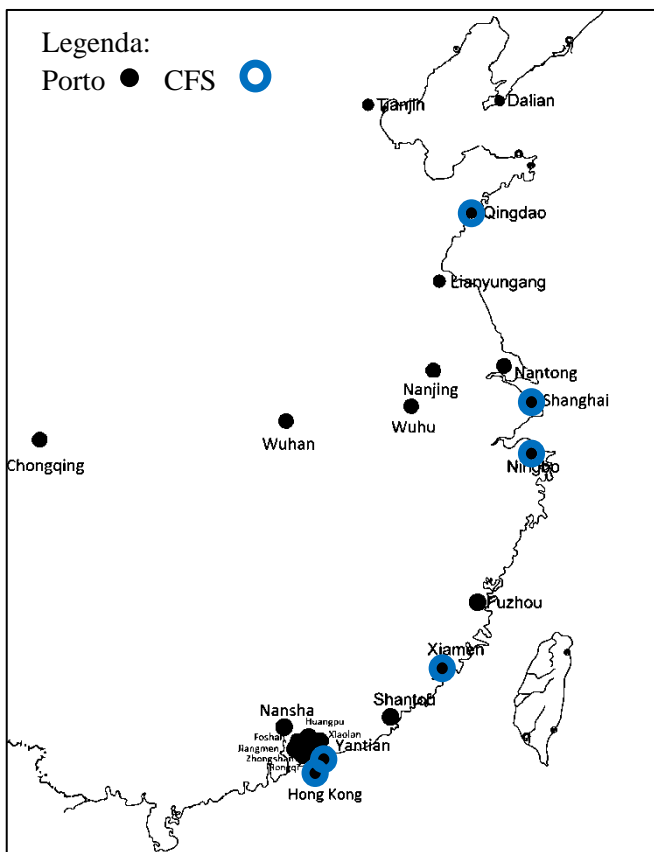


Figura 11- Localização geográfica de portos e CFS's de embarque utilizados no ano de 2016

3.1.3 Variáveis de Gestão

Tempos

Independentemente da eficiência do planeamento de fornecimentos pela empresa, quanto menor for o tempo que a mercadoria passar em viagem, mais eficaz será a cadeia de abastecimento. Neste sentido, um dos objetivos deste estudo recairá na otimização de tempos. Na cadeia existem três intervalos de tempo distintos: o tempo de transporte do fornecedor para o porto ou CFS - “Tempo **Inland**”, o Tempo de **Trânsito** do frete marítimo do porto de origem para o porto de destino, e finalmente o tempo de transporte do porto de chegada até ao entreposto - “Tempo **Destino**”.

Devido ao seu maior peso no tempo total (comparado com as restantes rubricas), a análise seguinte foca apenas a rubrica Tempos de **Trânsito** do frete marítimo do ano transato. Esta análise foi feita com o objetivo de tentar perceber se os tempos de trânsito reais ocorridos em 2016 coincidiam com tempos de referência concedidos pelo operador (utilizados no estudo) e detetar os portos onde acontecem tais desvios. Foi assim calculado um desvio percentual para cada porto, que esboça a diferença entre o valor de referência e o tempo médio dos embarques em 2016 dividido pelo valor de referência. De notar que ambos os extremos (atrasos ou antecipações da mercadoria) não são benéficos para a empresa: ou se traduzem em perda de vendas (atrasos) ou em custos de armazenagem não previstos (antecipações), pondo em causa as soluções previstas pelo planeamento e logística.

Da análise gráfica para os tempos de trânsito apenas de **contentor completo**, observáveis na Figura 12, é possível retirar que os casos mais extremos foram os portos de Yantian e Shanghai com TT's menores que o previsto e os portos de Rongqi e Wuhan com um maior atraso relativo (TT's maiores que o previsto), 9 e 17 dias respectivamente. A mercadoria que embarcou dos portos de Fuzhou, Lianyungang, Nantong, Qingdao, Tianjin e Xiaolan conseguiu cumprir o tempo de referência com um desvio de $\pm 5\%$.

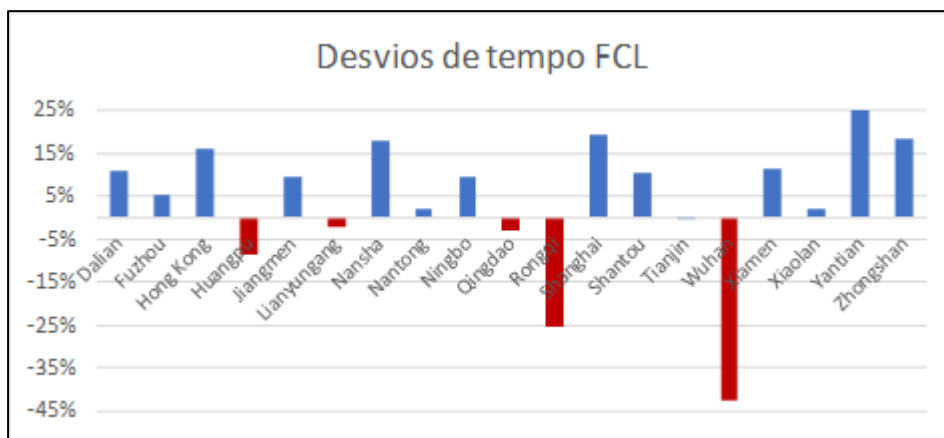


Figura 12 -Desvios de tempo em Portos FCL -(Tempo referência- Tempo 2016) / Tempo Referência

No que respeita a distribuição dos tempos relativos da mercadoria **consolidada** (CB) em 2016, todos os TT's médios dos embarques proveniente dos 6 CFS's são menores que os valores de referência, sendo os portos de Shanghai e Yantian os que apresentam uma maior diferença, como se pode observar na Figura 13:

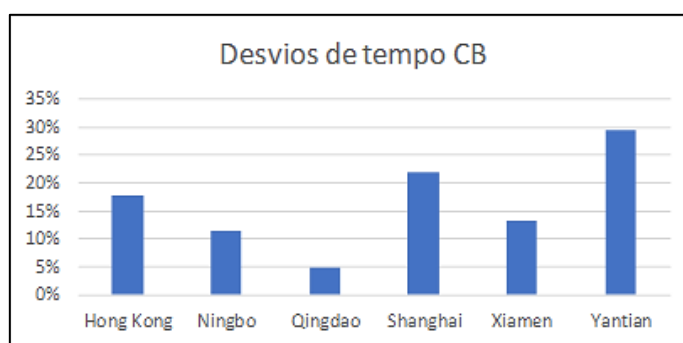


Figura 13-Desvios de tempo em CFS's -(Tempo referência- Tempo 2016) / Tempo Referência

Custos

Uma vez que a empresa importa em *Incoterm* FOB, os custos até ao momento em que o contentor está no navio ficam a cargo do fornecedor, daí em diante é a empresa que tem essa responsabilidade. No entanto, por precaução, assume-se no presente estudo que todos os custos irão ser imputados à empresa de forma direta ou indireta. Os custos tidos em conta nesta análise dependem principalmente do porto e da tipologia de embarque. O custo total da cadeia divide-se em quatro grandes categorias, sendo que estas ainda se desdobram em diferentes subrúbricas:

- Custo de transporte do fornecedor para o porto ou CFS - “**Custo Inland**” - cobrado em função da localização da unidade de produção e do porto de embarque e do número e tipologia dos contentores. Como referido acima, o fornecedor não disponibiliza a localização da unidade fabril, assumindo-se como localização a própria cidade do

embarque em 2016. Por essa mesma razão e não tendo os custos disponibilizados por parte do fornecedor, recorreu-se a custos de referência cobrados pelo Operador Logístico a outros clientes. Estes custos foram disponibilizados apenas para algumas combinações cidade-porto, sendo que para as restantes combinações, os custos foram obtidos através da regressão linear usando as variáveis (distância e custo) das combinações disponibilizadas. Todas as distâncias cidade-porto foram obtidas através da pesquisa exaustiva no aplicativo online- *Google Maps*.

Segundo o *Incoterm* FOB estes custos são da responsabilidade do fornecedor, no entanto, e refletindo o cenário mais extremo, serão contabilizados na totalidade como parte integrante da cadeia de abastecimento por serem refletidos à empresa de forma direta ou indireta.

- Custo pago pelo fornecedor no porto de origem ou embarque - “**Custo Origem**” - de natureza logística e documental cobrado no porto do país de origem da mercadoria. Segundo o *Incoterm* FOB estes custos são da responsabilidade do fornecedor, porém, pela mesma razão acima descrita, serão contabilizados na totalidade como parte integrante da cadeia de abastecimento.
- O “**Custo Frete**” marítimo está contratualmente indexado ao índice SCFI (*Shanghai Containerized Freight Index*), atualizado semanalmente. É uma cotação em dólares definida pelos armadores e operadores logísticos em modo *spot*- sem qualquer compromisso de volumes e com uma abordagem pontual - e depende da relação entre a oferta e a procura (grande sazonalidade). Para os portos secundários é ainda acrescentada uma componente fixa a esta variável. Na presente análise, o custo do frete marítimo para o contentor foi calculado tendo como base o valor SCFI médio do ano 2016. Segundo o *Incoterm* FOB estes custos são da responsabilidade do comprador (empresa);
- Custos pagos pela empresa desde a entrada no porto português até a chegada ao entreposto (logísticos e documentais) - “**Custo Destino**”; Segundo o *Incoterm* FOB estes custos são da responsabilidade do comprador (empresa).

Estes custos podem ser cobrados por contentor ou por BL (*Master/House*). As taxas alfandegárias não serão contabilizadas, pois relacionam-se com variáveis fora de âmbito e sem qualquer influência na análise, como por exemplo o material constituinte da mercadoria.

Analisando os custos de transporte entre as tipologias de embarque, o contentor consolidado possui taxas de manuseamento de carga (intervenção do OL) e custos de *milk run* não existentes em contentor completo, apesar do custo de frete se manter igual nas duas tipologias. No entanto, o envio de uma carga pontual em consolidação será mais rentável no custo global por m³, caso o volume da mesma por si só não seja suficiente para otimizar um contentor. Existe assim um *break-even* de volume, observável na Figura 6 do Anexo C, até ao qual é mais vantajoso (economicamente) consolidar com diferentes cargas, e a partir do qual o envio como contentor completo se torna mais rentável. Este *break-even* resulta da interseção da função custo/m³ em FCL e custo/m³ em CB e é de aproximadamente 10 m³. A decisão pela consolidação de volume ou envio em contentor completo é tomada pelas DC's e tem por base um critério semelhante ao descrito (apenas custo) desenvolvido pela equipa de OI.

Na Tabela 2 pretende-se comparar o custo das várias tipologias de contentores ao calcular o custo médio de portos principais e secundários na tipologia de FCL. Foi assumido que o contentor transporta o volume “considerado” (ver Tabela 1) e usado o custo SCFI médio de 2016. Pode-se constatar que quanto maior for o volume suportado pelo contentor menor será o quociente resultante da divisão de custos de transporte pelo volume transportado, isto é o custo por m³. Recapitulando, a uma tipologia de maior volume corresponde um menor custo por m³, independentemente do porto.

Tabela 2- Aproximação de custo global/ m³ segundo custos fixados em 2016 em FCL

| Tipologia de contentor | | 20' | 40' | 40'HC |
|--------------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| Custo por m ³ | Portos Principais | 47 USD | 35 USD | 30 USD |
| | Portos Secundários | 52 USD | 40 USD | 34 USD |

De seguida, apresenta-se o cálculo do custo por unidade de volume por porto e tipo de embarque, num contentor de 20'. O objetivo é analisar a competitividade dos portos. Esta análise terá resultados similares para as restantes tipologias de contentor.

1. FCL

Os custos em contentor completo são calculados em função do número e tipologia do contentor e do número de *Bill of Lading's*. Para cada porto foi calculado o custo de transporte total de um embarque em FCL de um contentor de 20' que corresponde a um único BL. Estes custos estão representados na Figura 14 e permitem sensibilizar para as diferenças de custo total médio entre os portos.

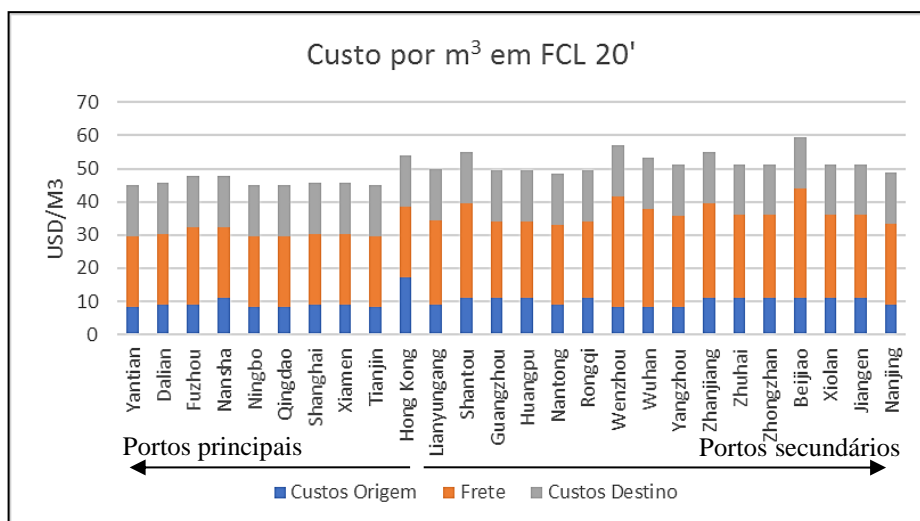


Figura 14- Custos médios de transporte /CBM - FCL

Como seria de esperar, os portos principais têm o custo médio/m³ (total do transporte) mais baixo comparativamente com os portos secundários. Hong Kong é a exceção no que respeita ao custo global, com o custo origem a ser sensivelmente o dobro dos restantes portos. No que diz respeito aos portos secundários, Beijiao e Wenzhou são os portos mais caros por m³, facto justificado pelo elevado custo do seu frete.

2. CB

As diferentes rubricas de custos para a consolidação foram fornecidas em função do número e tipologia de contentores, do número de *HouseBL*, do *MasterBL*, da cubicagem e do número de entrepostos a visitar no destino. Para cada CFS, foi calculado o custo de transporte total de um embarque consolidado para um m³ na tipologia de 20' e assumiu-se que a cada contentor corresponde uma única *Master BL*, que um *HouseBL* possui o volume de 12 m³ (valor médio de 2016) e entregues a um só entreposto da empresa em Portugal.

Numa análise comparativa, a tipologia CB tem um maior custo **global**, por unidade de volume que a tipologia FCL. No entanto, e como já foi referido, o custo por m³ em FCL aumenta com a má utilização do contentor. Há uma semelhança entre o custo total nos diferentes CFS's, com exceção de Hong Kong, como é observável na Figura 15. Hong Kong é o CFS mais caro com as elevadas taxas de fornecedor como principal causa.

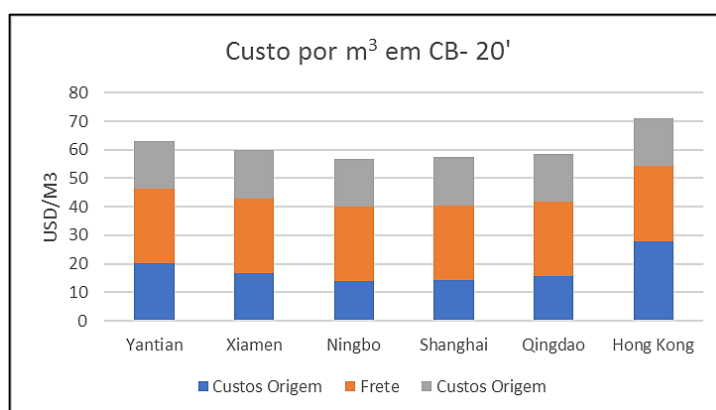


Figura 15-Custos médios de transporte/CBM - CB

Volume

1. Total

Numa análise inicial foi considerado todo o volume importado, e procurou-se distinguir os diferentes portos com base no volume transacionado. Procedeu-se a uma análise de Pareto, onde foi usado o critério de volume para a definição de portos em A, B e C: a volumes cumulativos percentuais menores que 80% correspondem os portos A, para volumes cumulativos percentuais entre 80% e 95 % correspondem os portos B, e os restantes serão os Portos C (Tabela 3). Esta análise não foi rígida para o porto de Nantong: apesar de estar dentro dos 95%, como se observa na Figura 16, é claro o distinto comportamento deste face aos outros dois portos B, sendo por isso reclassificado como porto C.

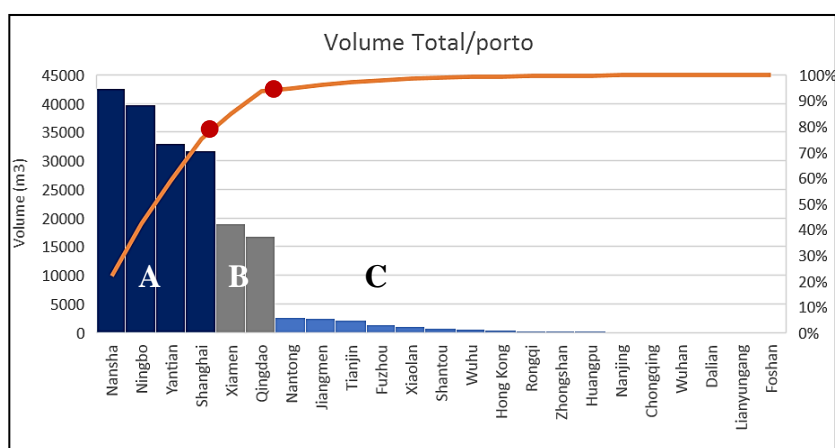


Figura 16-Análise de volume total por Porto AS IS

Tabela 3-Classificação de Pareto

| Porto (23) | Vol (m3) | Vol cumul | abc |
|------------|----------|-----------|-----|
| Nansha | 42548 | 22% | A |
| Ningbo | 39797 | 42% | A |
| Yantian | 33061 | 59% | A |
| Shanghai | 31815 | 75% | A |
| Xiamen | 18951 | 85% | B |
| Qingdao | 16839 | 94% | B |
| Nantong | 2551 | 95% | BC |
| Jiangmen | 2474 | 96% | C |
| Tianjin | 2138 | 97% | C |
| Fuzhou... | 1392 | 98% | C |

Confirmando a “regra” de Pareto, quatro em 23 portos, aproximadamente 20% da população, reúnem 75% de toda a mercadoria importada. Há ainda dois portos com um volume intermédio e por fim a existência de 17 portos que são responsáveis por apenas 5% do volume importado.

2. FCL

Como seria de prever pelo peso da tipologia FCL na mercadoria total importada, a distribuição de volumes FCL por porto, em tudo se assemelha à distribuição de volume total (Figura 17). Verifica-se novamente que quatros portos movimentam 75% da mercadoria e que 17 portos, são responsáveis por apenas 5% da mercadoria.

Ao fazer-se uma análise mais detalhada das distribuições de volumes semanais é possível retirar algumas conclusões pontuais:

- Nansha teve os maiores volumes médios semanais, no entanto possui maior variabilidade temporal;
- Qingdao caracterizou-se por ser o porto mais constante ao longo do ano.

3. CB

Ao fazer-se uma análise detalhada das distribuições de volumes consolidados, representada na Figura 18, é possível retirar algumas conclusões pontuais:

- O CFS de Hong Kong consolida apenas 1% de toda a mercadoria CB;
- O CFS de Shanghai transaciona aproximadamente o dobro dos restantes.

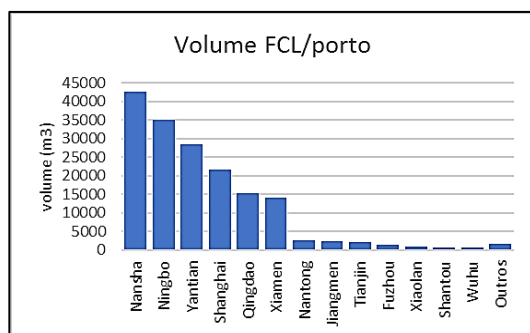


Figura 17-Análise de volume FCL por Porto AS IS

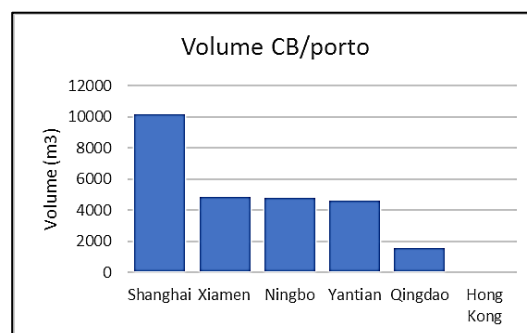


Figura 18- Análise de volume CB por CFS AS IS

4. Taxas de utilização contentor

O cálculo da taxa de utilização dos contentores resultou do quociente entre o volume real da mercadoria importada em 2016 e o volume teórico dos contentores (Tabela 1). Esta análise foi feita para cada porto e permite averiguar insuficiências de volume e sinalizar oportunidades de melhoria pela redistribuição da mercadoria por porto (CB) ou mudança de tipologia de embarque (de FCL para CB).

A taxa de utilização média de contentor consolidado será usada como *input* no prolema de consolidação: uma vez que com a presente análise se pretende medir os efeitos da consolidação de carga e não os efeitos provenientes da alteração da política de eficiência na taxa de utilização, a taxa de consolidação a atingir na otimização será o valor médio verificado no ano transato. Uma vez que o custo é depende indiretamente da taxa de utilização (e diretamente do número de contentores) o modelo tentará otimizar o contentor até à taxa de utilização média indicada.

Da análise gráfica na Figura 19, é possível concluir que os contentores consolidados apresentaram, em média, uma maior simetria na taxa de utilização do contentor entre portos. Foshan, Hong Kong e Lianyungang foram os portos que apresentaram uma menor taxa de aproveitamento em FCL (aprox. 80%) e em CB, foi Qingdao quem apresentou uma menor utilização do espaço.

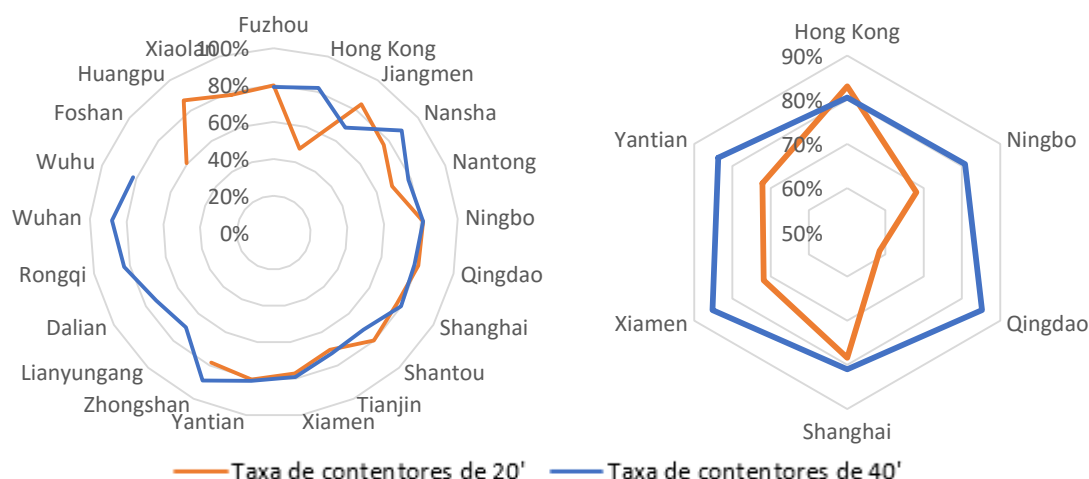
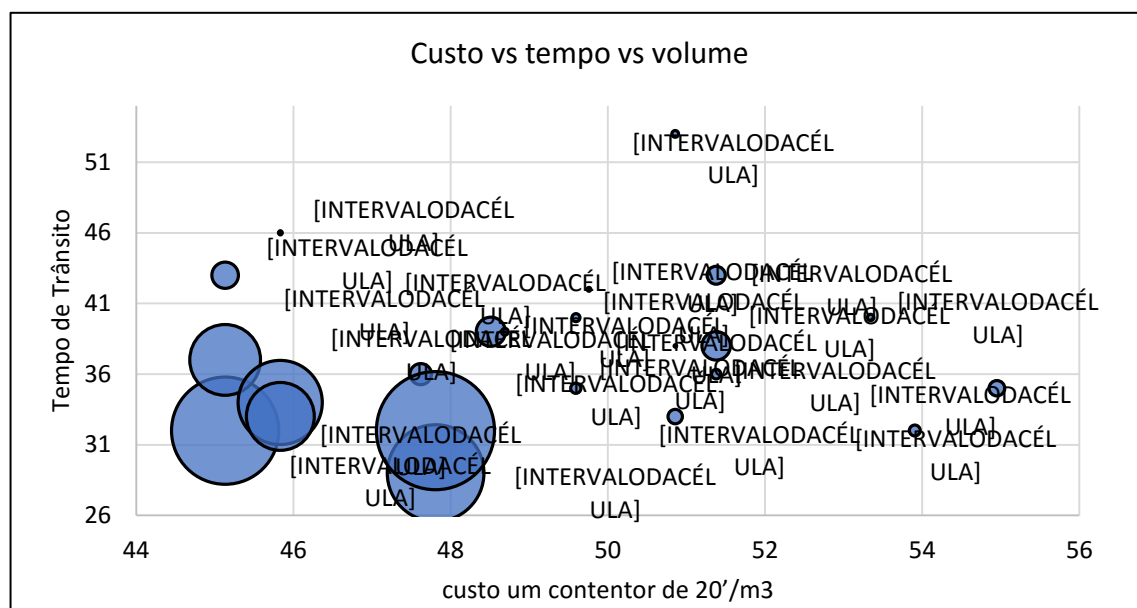


Figura 19- Taxas de utilização de contentor em FCL e CB, respetivamente

Fazendo um apanhado das variáveis de decisão estudadas, é expectável que os portos a eliminar sejam aqueles que se encontrem no canto superior direito da Figura 20, pois são estes que possuem um maior custo e tempo de trânsito. Nesta figura é também possível observar que a cadeia já se encontra enquadrada com os objetivos principais uma vez que, em 2016, os maiores volumes já foram transacionados nos portos com menor tempo e custo médio por m^3 .



Legenda: Volume transacionado em 2016 diretamente proporcional ao tamanho dos círculos

Figura 20- Análise de Volumes, Tempos e custos para cada porto FCL

3.1.4 Análise de DC's

Como já foi referido, a empresa possui sete direções comerciais, sendo que cinco das mesmas comercializam um volume considerável de mercadoria importada da China. As equipas de *sourcing* serão uma das partes interessadas no projeto pois terão acesso a indicadores importantes na escolha de porto ou fornecedor. Para o projeto se conciliar com a realidade da empresa, é importante perceber as suas preferências e estudar as realidades e particularidades das diferentes DC's: perceber os portos em se concentram e a quantidade de mercadoria transacionada. Um dos aspetos que validará a solução sugerida será a transversalidade dos benefícios por todas as DC's.

Conclusões:

- A DC1 é a que mais importa (volume), maioritariamente em FCL, com importações bem distribuídas pelos portos principais;
- Nansha é quase na totalidade dedicado à DC 3, sendo que esta DC tem apenas 5% de mercadoria consolidada;
- A DC 4 utiliza maioritariamente o porto de Xiamen e tem 30% da mercadoria a ser consolidada;
- A DC 5 têm as suas importações igualmente distribuídas pelos portos principais com 60% de consolidação;
- Nos 15 portos responsáveis pelos 5% da importação, a DC1 e a DC2 são responsáveis por importar metade da mercadoria nos mesmos.

3.2 Problema

Uma vez que o principal objetivo do *sourcing*, aquando da negociação, não se prende com a otimização de operações logísticas, a escolha de portos é maioritariamente baseada em características do produto, condições e restrições impostas pelo fornecedor. Ignoram-se assim soluções que melhorariam o desempenho logístico e económico, em detrimento de outras variáveis de negociação por desconhecimento do impacto das mesmas na eficiência e eficácia do processo. As principais consequências destas decisões são:

- A escolha de portos ou CFS's faz-se de acordo com outras variáveis de negociação em detrimento, por vezes, do custo ou tempo de trânsito da cadeia logística;
- Na consolidação de mercadoria da empresa, não se mede o efeito obtido pela maior concentração de carga num menor número CFS's. Isto acarreta consequências na operação logística: a reduzida quantidade de volumes conduz ao mau aproveitamento dos contentores de consolidação aumentando assim o custo unitário volumétrico.

3.3 Objetivos

É então necessária uma análise que englobe as três variáveis elementares responsáveis pela otimização do problema encontrado:

- Custos

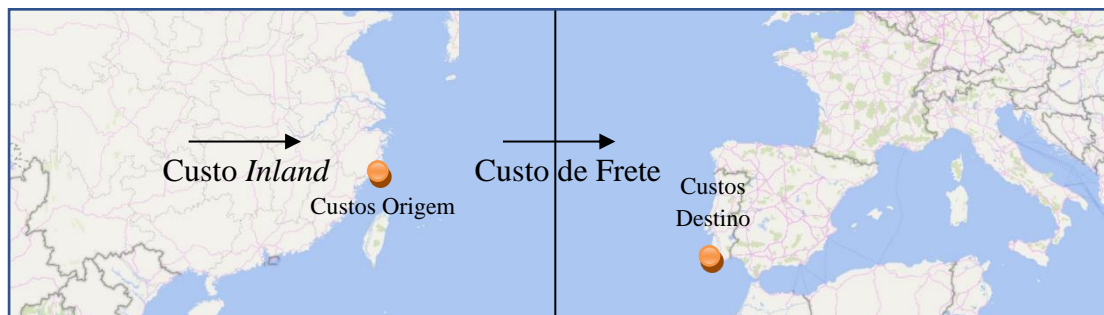


Figura 21- Fluxo de mercadorias de importação provenientes da China e respetivos custos

- Tempos de Trânsito



Figura 22- Fluxo de mercadorias de importação provenientes da China e respetivos tempos

- Economias de Escala

A dificuldade do projeto reside no facto das supracitadas variáveis terem evoluções ótimas antagónicas, exemplificando: a máxima economia de escala - operar apenas num porto- traria custos insuportáveis de transporte aos fornecedores. A resposta ao desafio passará por uma escolha *trade-off* das três variáveis de forma a encontrar uma combinação de portos que conduza ao melhor resultado global possível e que esteja adaptado à realidade de cada negócio em particular.

Com este projeto pretende-se construir uma ferramenta de otimização que permita definir a combinação mais vantajosa de portos chineses para importação em cada um dos problemas (FCL e CB). Esta otimização procurará os valores mais vantajosos dos custos e intervalos de tempo para a empresa como um todo, e DC a DC em particular.

Objetivos concretos (sem ordem de prioridade):

- Diminuir custos totais do processo, e no limite nunca aumentar os custos verificados no ano transato;
- Reduzir o tempo global de trânsito das mercadorias;
- Eliminar o maior número de portos de origem possível e indicar os portos alternativos para receber essa mercadoria, aumentando assim as economias de escala por operar num grupo mais restritos de portos e outros benefícios qualitativos: aumento de poder de negociação junto a armadores, maior capacidade de planeamento, a maior flexibilidade, etc.;
- Dada a proximidade dos entrepostos das diferentes DC's em Portugal é possível fomentar a boa utilização de contentores aumentando o volume da mercadoria a consolidar onde se justifique. A estiva da mercadoria pela sequência correta/acordada (a cargo do OL) é fundamental para fazer as descargas sucessivas;
- Não prejudicar nenhuma DC em particular com as soluções propostas;
- Sensibilizar as equipas de *sourcing* para estas variáveis.

4 Modelo e soluções

Na procura das soluções, foi usado o método das restrições com exceção de um cenário em contentor completo (FCL) onde se utilizou o método paramétrico. A mercadoria provém da cidade origem (fixa) e será transportada de camião para o porto de origem onde acontece o embarque da mercadoria, sendo o porto de origem a variável de decisão. Este porto de origem, assim denominado por ser aí o começo do transporte marítimo, poderá ser o porto da cidade origem ou não. Primeiramente serão analisados os *inputs* utilizados pelo modelo de melhoria para cada um dos problemas, depois irá ser proposto o modelo, seguidamente irão ser apresentadas as diversas soluções obtidas e por fim vai ser proposta uma solução concreta.

4.1 Pressupostos

1. Situação particular de Hong Kong:

Ao longo do projeto, foram sempre utilizados os valores de referência para os custos e foi assumido que Hong Kong teria o mesmo comportamento que qualquer outro porto, isto é, a alteração de volumes de Hong Kong para outro porto pressupõe um acréscimo de custos por parte do fornecedor (Custos Inland). No entanto, este porto sofre de uma condição especial: Hong Kong possui a quarta densidade populacional mais elevada do mundo (6624 pessoas/km²)⁶ com uma produção no seu território praticamente inexistente. No entanto este é um território que “... oferece impostos baixos não discriminatórios, assentes no princípio territorial – apenas riqueza criada ou originada em Hong Kong é taxada na sua jurisdição.” (O Portal de Negócios, 2010) o que “obriga” as empresas a expedirem a mercadoria deste porto apesar de ser produzida na China. Sendo assim, a transferência destas cargas para o porto mais próximo, Yantian, nunca representará um custo adicional do ponto de vista logístico, mas uma poupança para os fornecedores, e indiretamente para a empresa, que poderá não estar refletida nas soluções que irão ser apresentadas. De salientar que a magnitude da poupança citada depende dos valores de benefício fiscal perdido pelos fornecedores.

2. Na otimização a realizar em contentor consolidado em cada semana, será considerado o volume dos diferentes fornecedores como um todo, ou seja, será permitida a partição de volume de uma carga de um fornecedor em mais que um contentor. Não serão consideradas outras restrições como sejam: eventuais regras de consolidação, o sequenciamento de carga dos contentores ou a otimização de rotas de entrega em *multidrop*.
3. Só foram estudadas as tipologias CB e FCL, uma vez que LCL tem um tamanho residual;

⁶ <http://countrydigest.org/hong-kong-population/>

4. Os dados (volumes e portos) utilizados são provenientes de embarques realizados durante o ano de 2016 originários da China com destino a Portugal.
5. É assumido que um eventual aumento de custos por parte do fornecedor (*Inland* e Origem) serão contabilizados como parte integrante da cadeia de abastecimento por serem refletidos nos custos da Sonae de forma direta ou indireta.
6. O custo de transporte é o custo total inerente à movimentação (frete, origem e destino).
7. Nos cálculos os custos foram fornecidos em CNY e HKD, sendo que foram usadas as taxas cambiais em vigor a março de 2017 apresentadas na Tabela 4:

Tabela 4- Taxas de câmbio usadas

| Taxa cambial: | |
|---------------|----------|
| CNY TO USD | 0,145512 |
| HKD TO USD | 0,128849 |
| EUR TO USD | 1,079650 |

8. Para colmatar a falta de informação do território de produção, assume-se que, o Porto/CFS usado pelo fornecedor em 2016 corresponde à cidade de origem da mercadoria. Para quando um porto embarca mercadoria da própria cidade foi arbitrada uma distância entre eles (de acordo com a dimensão da mesma) através da qual poderá ser contabilizado o custo e o tempo *Inland* China.
9. Os envios de mercadoria de cada CFS são semanais e por isso é aceitável a análise da agregação de mercadoria à semana;
10. Entenda-se por “Volumes” as grandezas/inputs que irão multiplicar pelos custos unitários disponibilizados.

4.2 FCL

4.2.1 Inputs -Custos, Tempos e Volumes

Um dos objetivos a minimizar, o **Tempo** médio de viagem por contentor, resulta da soma do tempo *Inland* e do tempo de Trânsito. No entanto, na cadeia estudada existem três intervalos de tempo distintos durante o transporte do contentor:

- Tempo de transporte da unidade de produção para o porto (China) - “Tempo *Inland*”. Este tempo depende da localização das unidades de produção e do porto de embarque. No entanto, como explicado no pressuposto 8, foi assumido que a produção se efetua na cidade onde se localiza o porto de embarque e considerou-se que o tempo é proporcional à distância percorrida pelo fornecedor.

Foi então arbitrado um intervalo de tempo, com o dia como grau de precisão relevante, necessário para percorrer a distância entre a cidade onde se localiza a produção e o porto de origem, observável na Tabela 5.

Tabela 5- Tempo correspondente às distâncias de transporte *Inland*

| Intervalo de distância | Dias |
|------------------------|-------|
| 0-300 km | + 0 d |
| 300-500 km | + 1 d |
| 500-800 km | + 2 d |
| 800-1100 km | + 3 d |
| 1100-1400 km | + 4 d |
| + de 1400 km | + 5 d |

- Tempo de trânsito do frete marítimo do porto de origem ou embarque para o porto de destino, sendo o porto de origem a variável. O tempo de trânsito baseou-se no tempo de referência fornecido por porto (Tabela 1C).
- Tempo de transporte do porto de desembarque até ao entreposto (Portugal) - “Tempo Destino”. Este intervalo de tempo não é influenciado pelo porto de origem e por isso não será tido em conta.

No que respeita aos Custos, todas as rubricas possuem valores de referência contratuais *pier-to-pier* (Figura 1 do Anexo A). No entanto, faltava informação referente a alguns portos secundários que foi calculada pela média aritmética de cada rubrica nos portos da mesma categoria. A função objetivo Custo é composta por quatro parcelas (ver terminologia em 3.1.3):

- Custo *Inland* China: subrubrica única dependente da tipologia e número de contentores (20’ e restantes- Figura 6 e Figura 7 do Anexo A). Perante a inexistência de alguns custos para determinadas combinações cidades-portos nos custos fornecidos, optou-se por aproximar os custos de transporte desconhecidos através dos custos fornecidos e respetivas distâncias. Numa primeira fase, arbitrou-se uma componente de custo fixa para cada tipologia de contentor, e subtraiu-se ao custo total para obter a parcela variável. De seguida, procurou-se obter a reta da equação e o respetivo coeficiente de determinação usando a distância como variável independente e o custo como variável dependente. Para os contentores de 20’ obteve-se um R^2 de 0,83, sendo que a regressão polinomial de 2º grau traria um coeficiente de determinação de 0,834 pelo que não se mostrou vantajoso o aumento de grau. Na Figura 4 do Anexo A é possível analisar o ajustamento para os contentores de 20’ e na Figura 5 do Anexo A a regressão para os restantes tipos contentores.
- Custo Origem: constituídos por quatro subrubricas, uma delas é dependente do número e tipologia do contentor, e as restantes três em função do número de documentos *Bill of Lading* (BL);
- Custo Frete: subrubrica única dependente da tipologia e número de contentores despachados;
- Custo Destino: constituído por quatro subrubricas sendo que três dependem do número de contentores e uma outra depende do número de BL’s;

Os custos, na tipologia de contentor completo, são dependentes das seguintes unidades de “**Volume**”: número de contentores e BL’s. Optou-se por usar os valores históricos de 2016 visto ser um ano típico e sem acontecimentos perturbadores. Foram usados 2984 contentores divididos nas respetivas tipologias e portos (Tabela 3 do Anexo A) e 1353 BL’s divididos pelos respetivos portos (Tabela 2 do Anexo A).

Na análise dos resultados obtidos em cada direção comercial, procedeu-se à comparação dos valores das variáveis tempo e/ou custo da distribuição de portos *as is* com a distribuição de portos do respetivo cenário. Os valores de tempo de referência e custo por unidade mantêm-se inalteráveis, sendo o “volume” (nº de documentos *Bill of Lading* e o número de contentores) variável. Esta restrição foi facilmente ultrapassada pela possibilidade de filtragem à DC existente nas tabelas utilizadas para a distribuição dos “volumes” que servem de input ao modelo.

Na Figura 3 do Anexo C estão presentes os parâmetros da ferramenta usada para obter todas as soluções deste problema, o OpenSolver.

4.2.2 Modelo Base

Em seguida é apresentada a modelação para o problema de contentor completo. As restrições apresentadas no modelo base são usadas em todos os cenários, sendo as específicas de cada cenário apresentadas em detalhe no mesmo. Seguidamente, são apresentadas as duas funções objetivo (custo ou tempo) que irão ser usadas conforme o propósito de cada cenário. Seja i a cidade de origem e j o porto de embarque ou origem:

Modelação:

Variáveis:

X_{ij} - variável binária igual a 1 se a mercadoria da cidade i se deslocar para o porto j , 0 caso contrário

Dados:

N_{ti} - número de contentores de tipologia t operados na cidade i

NBL_i - número de BL's transacionados na cidade i

Cin_{tij} - custos da deslocação terrestre da cidade de produção i para o porto j , de contentores da tipologia t (20' e as restantes) (Custos *Inland*)

Co_{ij} -taxas a pagar por número e tipologia do contentor t (20', 40', 40' HC e 45') no porto j (Custos Origem)

$CoBL_j$ -taxas a pagar por número de BL's no porto j (Custos Origem)

Cf_{ij} -custo de frete a pagar por número e tipologia do contentor t (20', 40', 40' HC e 45') no porto j (Custos Frete)

$CdBL_j$ -taxas a pagar por número de BL's no porto j (Custos Destino)

Cdc_j -taxas a pagar por número de contentores que desalfandegam no porto j (Custos Destino)

Tin_{ij} - tempo necessário para a deslocação terrestre da cidade i para o porto j (Tempo *Inland*)

Tt_j -tempo de trânsito marítimo despendido na viagem entre o porto de origem chinês j e o porto português de destino;

Restrições:

$$\forall \text{ cidade } i, \quad \sum_{j=1}^N x_{ij} = 1 \quad (4.1)$$

$$x_{ij} = \{0,1\} \quad (4.2)$$

Função objetivo:

$$Custo = C_{inland} + C_{origem} + C_{frete} + C_{destino}$$

Constituída por:

$$C_{inland} = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^N (N_{20i} \cdot C_{in20ij} + (N_{40i} + N_{40HCi} + N_{45i}) \cdot C_{in20ij}) \cdot x_{ij} \right] \quad (4.3)$$

$$C_{origem} = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^N [C_{o20j} \cdot N_{20i} + C_{o40j} \cdot N_{40i} + C_{o40HCj} \cdot N_{40HCi} + C_{o45j} \cdot N_{45i} + C_{oBLj} \cdot N_{BLi}] \cdot x_{ij} \right] \quad (4.4)$$

$$C_{\text{frete}} = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^N [C_{f20j} \cdot N_{20i} + C_{f40j} \cdot N_{40i} + C_{f40HCj} \cdot N_{40HCi} + C_{f45j} \cdot N_{45i}] \cdot x_{ij} \right] \quad (4.5)$$

$$C_{\text{destino}} = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^N \left[C_{dcj} \cdot \sum_t (N_{ti}) + C_{dBLj} \cdot N_{BLi} \right] \cdot x_{ij} \right] \quad (4.6)$$

OU

$$\text{Tempo} = \frac{T_{\text{inland}} + T_{\text{frete}}}{\sum_{i=1}^N \sum_t N_{ti}}$$

Constituída por:

$$T_{\text{inland}} = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^N T_{inj} \cdot \sum_t (N_{ti}) \cdot x_{ij} \right] \quad (4.7)$$

$$T_{\text{frete}} = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^N T_{tj} \cdot \sum_t (N_{ti}) \cdot x_{ij} \right] \quad (4.8)$$

A restrição (4.1) é responsável por garantir que a mercadoria de uma cidade de origem i tem um e só um porto de embarque j , sendo que a alocação de portos é representada por uma variável binária (4.2). Quando a função objetivo é a minimização de custos esta resulta da soma dos **Custo Inland** (4.3)- multiplica o número de contentores pelos custos para cada par i - j , e pela respetiva variável de decisão-, **Custos de origem** (4.4)- multiplica os custos pelo número de contentores de cada tipologia e pelo número de BL's, e finalmente pela variável de decisão- **Custos de frete** (4.5)- multiplica os custos pelo número de contentores de cada tipologia e pela respetiva variável de decisão- e por fim os **Custos de destino** (4.6) que multiplica os custos pelo número total de contentores e pelo número de BL's, e finalmente pela variável de decisão. Quando a função objetivo é a minimização de tempos, a função objetivo resulta da soma dos tempos de referência- **tempos** totais de **Inland** (4.7) e de **frete** (4.8); como se pretende obter o tempo de trânsito médio por contentor, este valor é depois dividido pelo número total de contentores. A Figura 9 do Anexo A ilustra uma das rúbricas do custo no ficheiro Excel e a Figura 10 do Anexo A as variáveis de decisão do problema.

4.2.3 Cenários e Análise

Seguidamente irão ser apresentados sete cenários, cada um com uma função objetivo e/ou restrições adequadas ao objetivo que o caracteriza. Primeiramente irão ser introduzidas as alterações face à modelação base seguida da apresentação dos resultados: escolha de portos, o tempo e custo e o respetivo *drill-down* à rúbrica. Seguidamente, sempre que justificado, é analisado o impacto do cenário em cada DC e por fim é feita uma breve descrição da solução.

Na representação de portos, a cruz representa a eliminação do porto sendo que a mercadoria da respetiva cidade transita para o porto sublinhado com a mesma cor.

No Cenário 3 (Pareto) é usado o Método Paramétrico, no Cenário 4 (Portos Principais) impõe-se uma seleção de portos específica e nos restantes cenários é usado o Método das Restrições.

Cenário 1 - Mínimo Custo (Min C.)

Neste cenário pretende-se analisar qual o número de Portos que garante um custo total mínimo.

1. Alterações ao modelo original:

$$\text{Função Objetivo: } \min Z = C_{\text{Inland}} + C_{\text{origem}} + C_{\text{frete}} + C_{\text{destino}}$$

2. Resultados

Tabela 6- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 1 FCL

| | Situação 2016 | Cenário 1 | Delta |
|-----------------|---------------|-------------|-------|
| 1. N° de portos | 23 | 15 | -35% |
| 2. Custo (USD) | \$5.877.733 | \$5.864.968 | -0,2% |
| 3. Tempo (dias) | 32,85 | 32,68 | -0,5% |
| 3.1. Inland | 0 | 0 | 0 |
| 3.2. Trânsito | 32,85 | 32,68 | -0,5% |

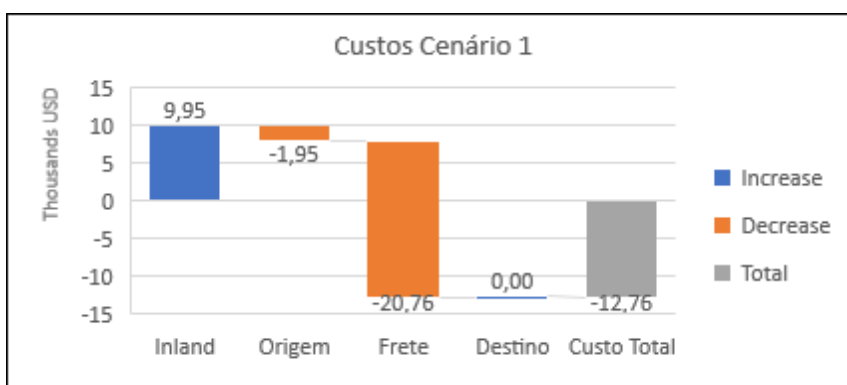


Figura 23- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 1 FCL

3. Impacto nos valores de custo e tempo das DC's

Tabela 7- Impacto das variáveis nas DC's cenário 1 FCL

| | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | DC5 | DC6 | DC7 |
|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Tempo | -0,2% | -2,6% | -0,8% | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Custo | -0,1% | -0,6% | -0,4% | 0 | 0 | 0 | 0 |

4. Leitura dos Resultados

Há a eliminação de 8 portos, 5 deles na grande zona de Guangzhou, com uma otimização nas duas variáveis pretendidas: uma diminuição de 0,2%, 13k\$, nos custos totais acompanhada por uma diminuição de 0,5%, no tempo médio por contentor. Este cenário tem ainda a vantagem de não prejudicar nenhuma direção comercial e impacta com 60 contentores.

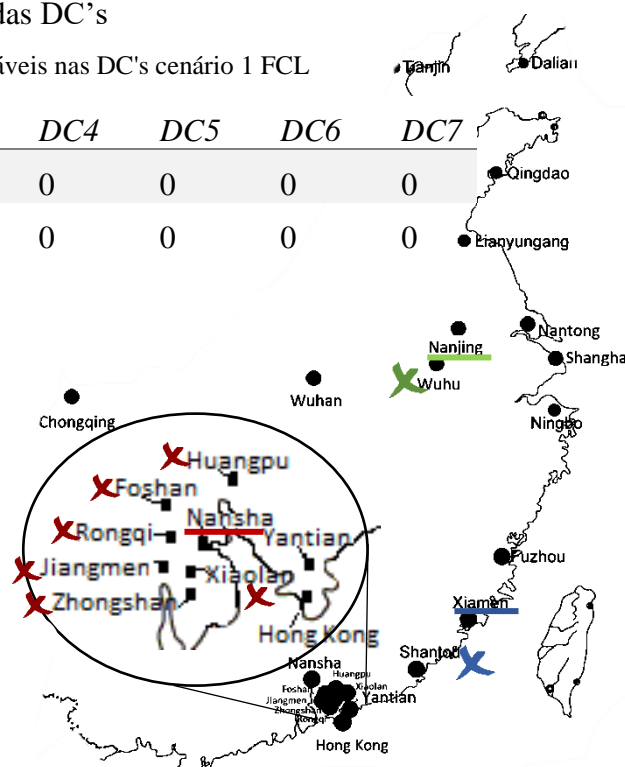


Figura 24- Distribuição de portos para o cenário 1

Cenário 2 - Mínimo Tempo (Min T.)

Neste cenário pretende-se analisar qual o número de Portos que garante o mínimo tempo de viagem médio por contentor.

1. Alterações na modelação original:

$$\text{Função Objetivo: } \min Y = T_{\text{Inland}} + T_{\text{frete}}$$

2. Resultados:

Neste cenário houve a migração da mercadoria proveniente de Ningbo, Qingdao, Shanghai, Lianyungang, Nantong, Nanjing para o porto de Ningbo e a substituição dos restantes portos pelo porto de Yantian.

Tabela 8- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 2 FCL

| | Situação 2016 | Cenário 2 | Delta |
|------------------------|---------------|-------------|----------|
| 1. N° de portos | 23 | 2 | -91% |
| 2. Custos (USD) | \$5.877.733 | \$6.798.374 | 15,7% |
| 3. Tempo (dias) | 32,85 | 30,73 | -6,4% |
| 3.1. <i>Inland</i> | 0 | 0,38 | ∞ |
| 3.2. Trânsito | 32,85 | 30,36 | -7,6% |

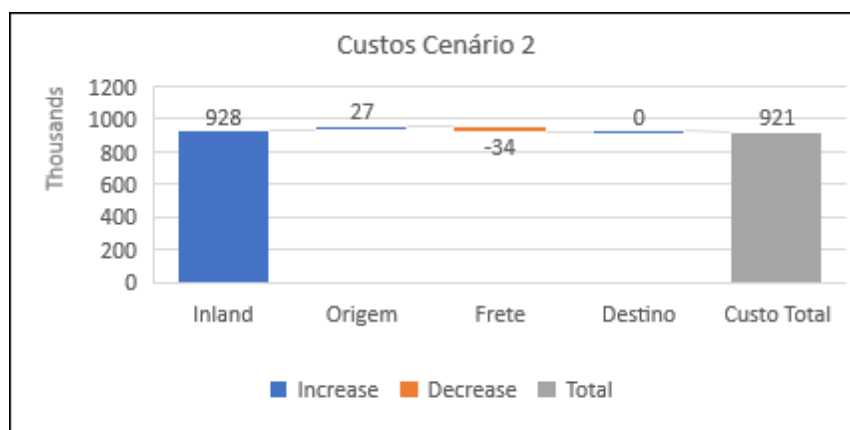


Figura 25- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 2 FCL

3. Impacto nos valores de custo e tempo das DC's

Tabela 9- Impacto das variáveis nas DC's cenário 2 FCL

| | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | DC5 | DC6 | DC7 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tempo | -4% | -8% | -8% | -8% | -5% | -6% | -4% |
| Custo | 17% | 25% | 6% | 28% | 18% | 22% | 21% |

4. Leitura dos Resultados

Existe então a migração de mercadoria de 1847 contentores para dois portos principais: Yantian (Sul) que possui o menor tempo de trânsito e Ningbo (Centro) que agrupa a mercadoria dos portos mais a norte. Como consequência da diminuição de dois dias no tempo total médio por contentor, existe um aumento de custos totais que oneram em média cada contentor (afetados e não afetados pela mudança) em cerca 309\$.

Cenário 3 – Pareto – Método Paramétrico

Com a utilização da fronteira de Pareto, pretendeu-se obter o conjunto de portos resultante da variação da importância relativa do custo e tempo. Dado que o modelo tem variáveis inteiras e binárias o conjunto de soluções obtidas poderá não ser convexo o que implica que, com este método, poderá não se obter o conjunto completo das soluções eficientes mesmo que se use um valor muito pequeno para o incremento do parâmetro ponderador λ .

1. Alterações na modelação original:

Função objetivo: $\text{Min } \lambda \cdot \overline{f1} + (1 - \lambda) \cdot \overline{f2}$

Para este problema, obteve-se o valor 6,1 M\$ para $f1$ e o valor de 31,2 dias para $f2$, usando para λ um incremento de 0,05. Obteve-se a fronteira de Pareto representada na Figura 26.

Fronteira de Pareto

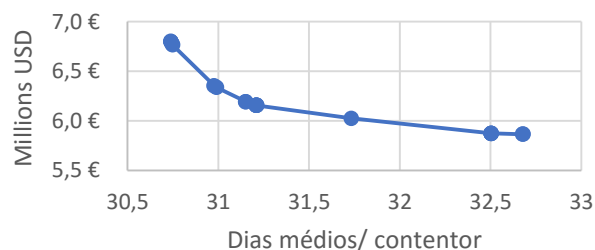


Figura 26- Fronteira de Pareto

2. Resultados:

Tabela 10- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 3 FCL

| | Situação 2016 | Cenário 3 | Delta |
|-----------------|---------------|-------------|----------|
| 1. N° de portos | 23 | 4 | -83% |
| 2. Custos (USD) | \$5.877.733 | \$6.091.191 | 4% |
| 3. Tempo (dias) | 32,85 | 31,3 | -5% |
| 3.1. Inland | 0 | 0,04 | ∞ |
| 3.2. Trânsito | 32,85 | 31,3 | -5% |

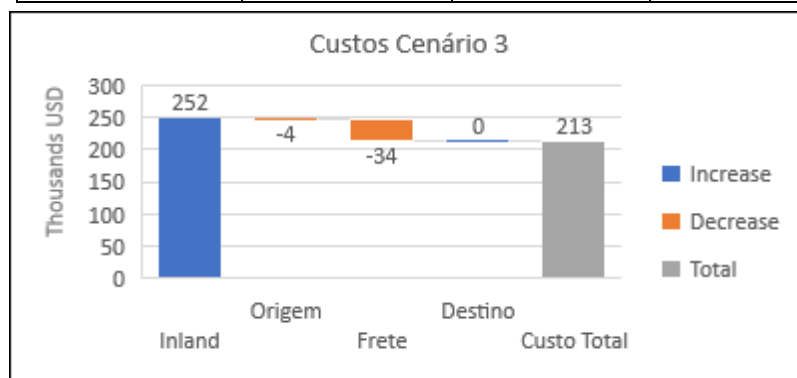


Figura 27- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 3 FCL

3. Leitura dos Resultados

Neste exemplo considerou-se uma igual importância das duas variáveis o que resultou num acréscimo de custos como consequência do decréscimo do tempo: uma diminuição de 1,5 dias no tempo total médio por contentor, a empresa terá de pagar cerca de 123k\$ no total o que onera em média, 72 USD por contentor (afetados e não afetados pela mudança). Esta solução impactará com 1309

contentores no total.

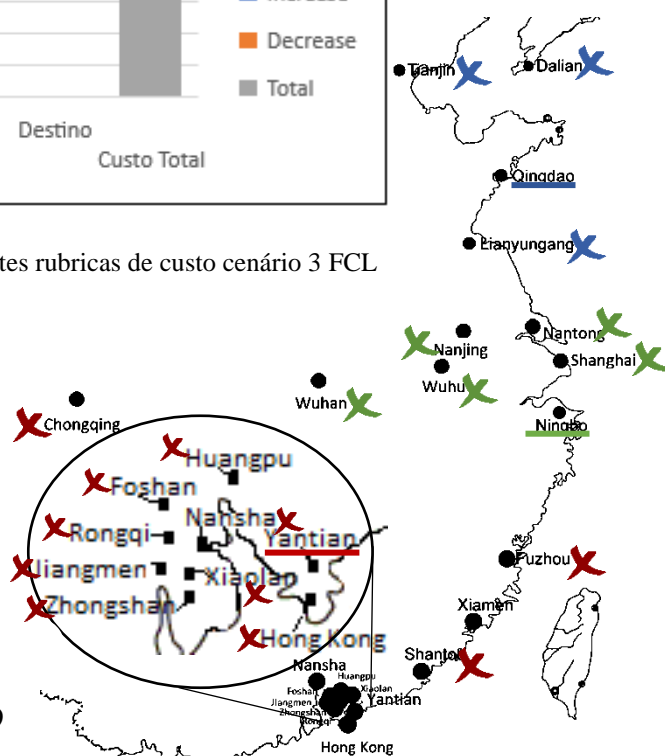


Figura 28- Distribuição de portos para o cenário 3

Cenário 4 - Mínimo Custo, mas apenas portos principais (PP)

Neste cenário pretendeu-se analisar qual o valor das variáveis tempo e custo quando se impõe a utilização de portos principais. À priori, estes seriam os portos onde seria mais vantajoso operar uma vez que apenas há envios diretos (não necessita de *feeder*), o que trará vantagens na eficácia da cadeia logística.

1. Alterações na modelação original:

$$\text{Função objetivo: } \min Z = C_{\text{Inland}} + C_{\text{origem}} + C_{\text{frete}} + C_{\text{destino}}$$

$$\text{Restrição: } \forall \text{ porto secundário } j \quad \sum_i^N x_{ij} = 0$$

2. Resultados

Tabela 11- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 4 FCL

| | Situação 2016 | Cenário 4 | Delta |
|-----------------|---------------|-------------|----------|
| 1. Nº de portos | 23 | 10 | -57% |
| 2. Custos (USD) | \$5.877.733 | \$5.885.651 | 0,1% |
| 3. Tempo (dias) | 32,85 | 32,55 | -1% |
| 3.1. Inland | 0 | 0,003 | ∞ |
| 3.2. Trânsito | 32,85 | 32,55 | -1% |

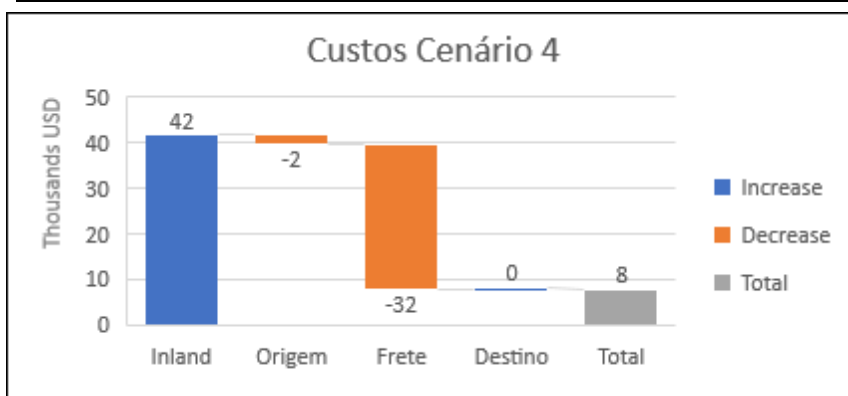


Figura 29- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 4 FCL

3. Leitura dos Resultados

A redução de 13 portos (secundários) resultou no acréscimo de custos e ligeiro decréscimo de tempo médio por contentor: uma diminuição de 0,3 dias no tempo médio por contentor implica um acréscimo de custos de 7,9k\$, sensivelmente 2,7\$ por contentor (afetados e não afetados). Esta solução impactará com 159 contentores no total. Este é o cenário indicado sempre que seja possível negociar o porto de embarque com o fornecedor sem que haja aumento dos custos de compra, pois é nestes portos que o custo de frete e o tempo são os mais baixo, comparativamente com os restantes portos secundários mais próximos.

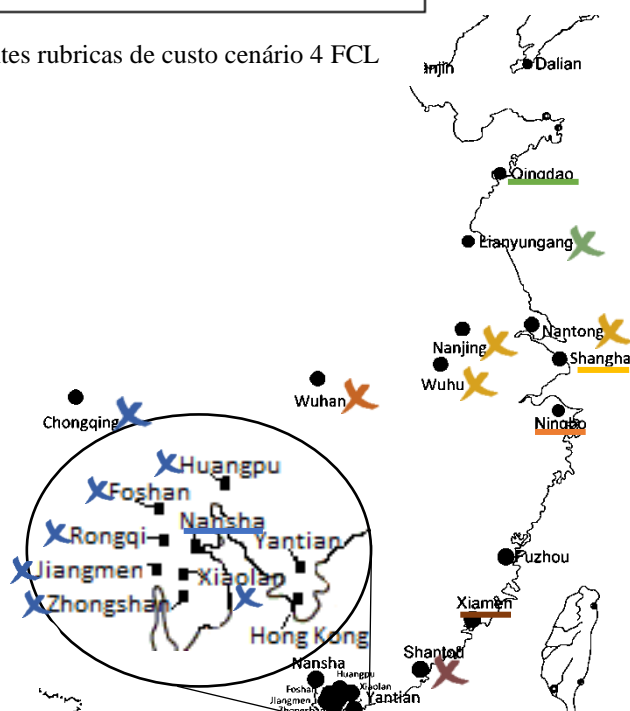


Figura 30- Distribuição de portos para o cenário 4

Cenário 5 - Mínimo tempo, mas custo global abaixo do ocorrido em 2016 (T-C)

Neste cenário pretendeu-se analisar qual o número de Portos que garante um tempo total mínimo sem ocorrer num incremento de custos relativamente ao ano passado.

1. Alterações ao modelo original:

$$\text{Função Objetivo: } \min Y = T_{\text{Inland}} + T_{\text{frete}}$$

$$\text{Restrições: } C_{\text{Inland}} + C_{\text{origem}} + C_{\text{frete}} + C_{\text{destino}} \leq C_{2016}$$

2. Resultados:

Tabela 12- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 5 FCL

| | Situação 2016 | Cenário 5 | Delta |
|-----------------|---------------|-------------|-------|
| 1. N° de portos | 23 | 11 | -52% |
| 2. Custos (USD) | \$5.877.733 | \$5.877.430 | ≈ 0% |
| 3. Tempo (dias) | 32,85 | 32,55 | -0,9% |
| 3.1. Inland | 0 | 0 | 0 |
| 3.2. Trânsito | 32,85 | 32,55 | -0,9% |

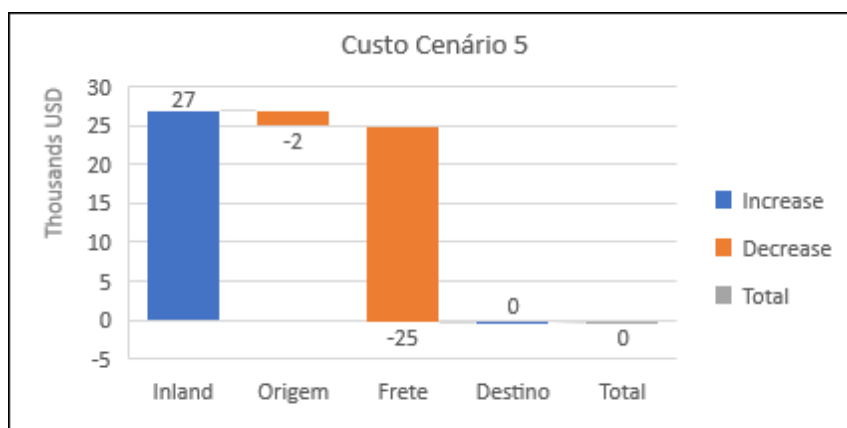


Figura 31- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 5 FCL

3. Impacto nos valores de custo e tempo das DC's

Tabela 13- Impacto das variáveis nas DC's cenário 5 FCL

| | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | DC5 | DC6 | DC7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| Tempo | -0,5% | -2,6% | -1,4% | -0,4% | -0,5% | 0 | 0 |
| Custo | 1% | -0,6% | ≈0% | 0,1% | 0,1% | 0 | 0 |

4. Leitura dos Resultados

Devido à própria restrição, o custo mantém-se sensivelmente inalterado, havendo como vantagem a diminuição do tempo em cerca de 1/3 de dia por contentor e a possibilidade de reduzir 12 portos. No entanto, este cenário irá afetar de forma desequilibrada as direções comerciais, com algumas a serem beneficiadas e outras prejudicadas.

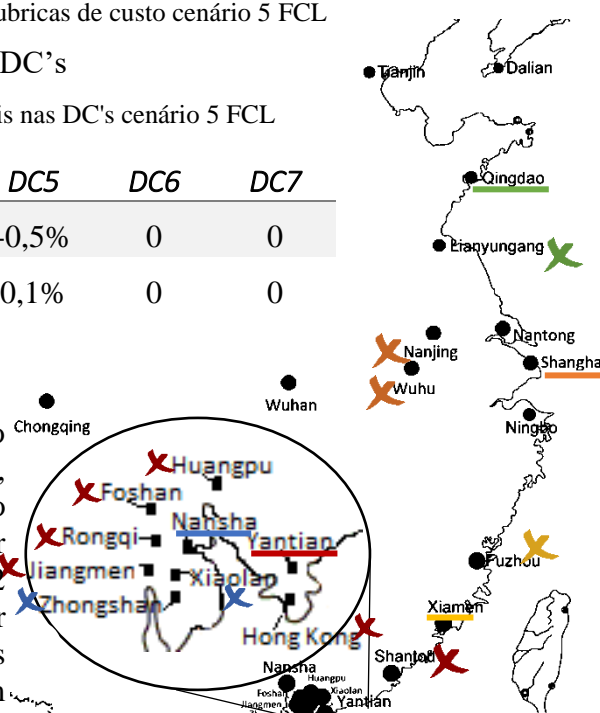


Figura 32- Distribuição de portos para o cenário 5

Cenário 6 - Mínimo tempo, mas custo de cada DC abaixo do ocorrido em 2016 (TC-DC'S)

Neste cenário pretendeu-se analisar qual o número de Portos que garante um tempo total mínimo, sem ocorrer num incremento de custos relativamente a 2016, global e DC a DC.

1. Alterações ao modelo original:

$$\text{Função Objetivo: } \min Y = T_{\text{Inland}} + T_{\text{frete}}$$

$$\text{Restrições: } C_{\text{Inland}} + C_{\text{origem}} + C_{\text{frete}} + C_{\text{destino}} \leq C_{2016}$$

$$\forall DC \ k = 1 - 7, C_{\text{InlandDCk}} + C_{\text{origemDCk}} + C_{\text{freteDCk}} + C_{\text{destinoDCk}} \leq C_{2016DCk}$$

2. Resultados Tabela 14- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 6 FCL

| | Situação 2016 | Cenário 6 | Delta |
|--------------|---------------|-------------|----------|
| Nº de portos | 23 | 13 | -44% |
| Custos (USD) | \$5.877.733 | \$5.877.502 | -0,013% |
| Tempo (dias) | 32,85 | 97.222 | -0,8% |
| Inland | 0 | 32,58 | ∞ |
| Trânsito | 32,85 | 32,58 | -0,8% |

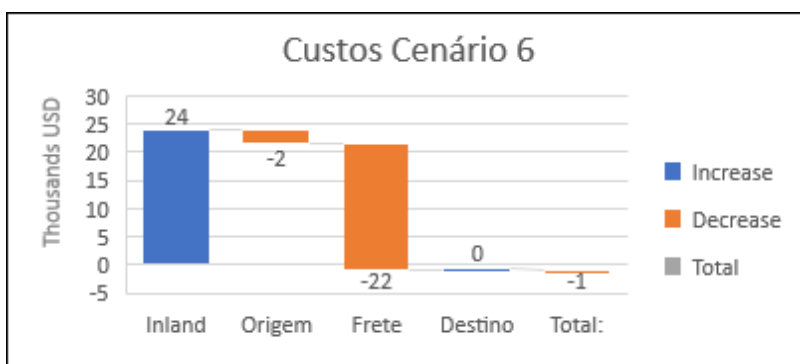


Figura 33- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 6 FCL

3. Distribuição dos desvios pelas DC's

Tabela 15- Impacto das variáveis nas DC's cenário 6 FCL

| | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | DC5 | DC6 | DC7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| Tempo | -0,4% | -2,9% | -1,4% | -0,1% | -0,1% | 0 | 0 |
| Custo | ≈0% | ≈0% | ≈0% | ≈0% | ≈0% | 0 | 0 |

4. Leitura dos Resultados

Devido à própria restrição, o custo mantém-se sensivelmente inalterado, havendo como vantagem a diminuição do tempo em cerca de 1/3 de dia por contentor e a possibilidade de reduzir 10 portos, que impactará 109 contentores. Este cenário distingue-se do anterior por não prejudicar nenhuma direção comercial, quer em termos de custo total quer no tempo médio de transporte.

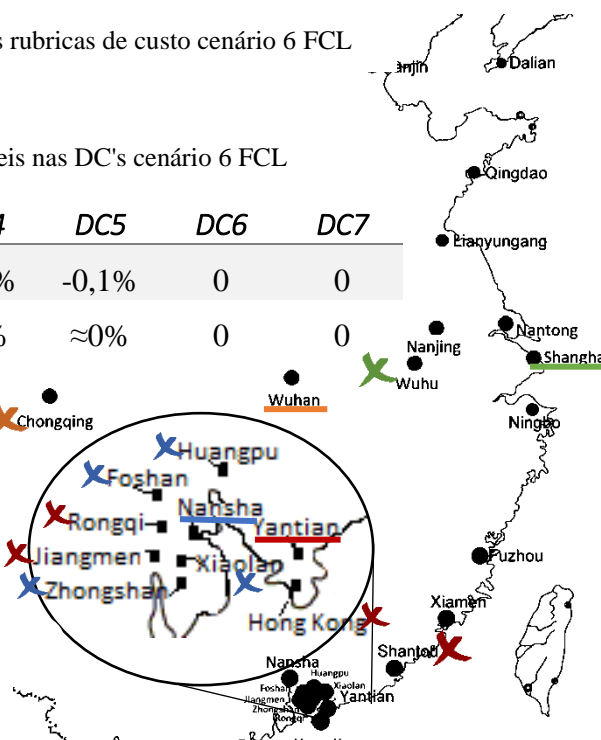


Figura 34- Distribuição de portos para o cenário 6

Confirma-se através da visualização da Figura 35, que o Cenário 6 a elimina os portos com maior custo e tempo médio por contentor:

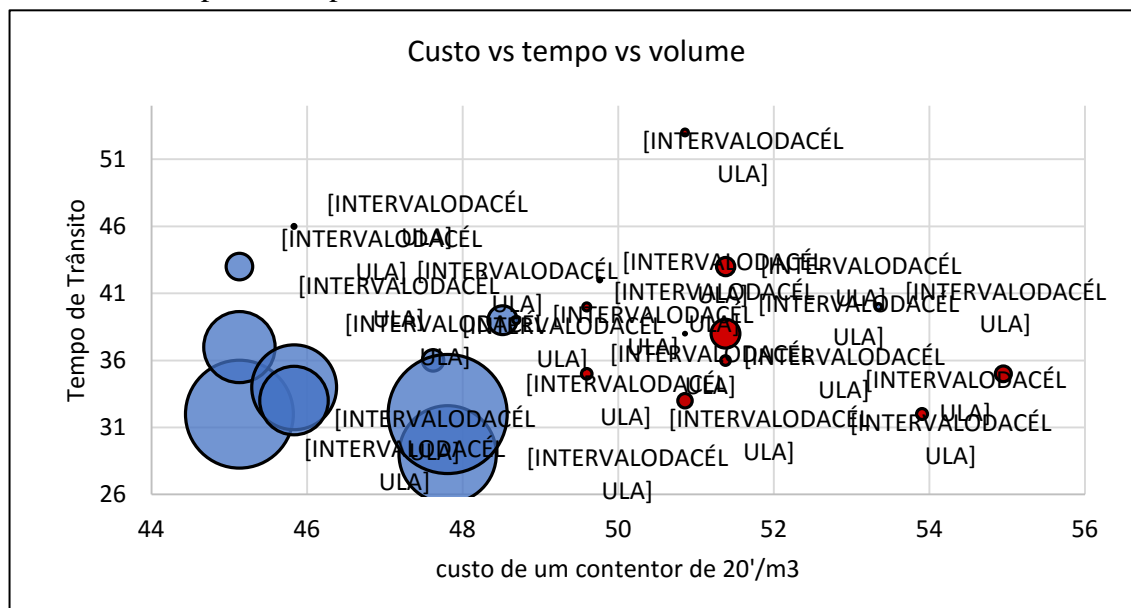


Figura 35- Portos eliminados do cenário 6, e valor das respectivas variáveis

4.2.4 Resumo e Proposta

Depois de obtidas todas as soluções (sumarizadas na Tabela 16), para a escolha de um cenário que se poderá enquadrar nas necessidades da empresa, foi tido o seguinte raciocínio:

1. Os cenários de Mínimo Tempo, Pareto e Portos Principais não devem ser considerados pois os seus resultados colidem com a condição prévia de não aumentar os custos globais. Assim, restam três cenários que não tendo impactos relevantes nos custos globais, permitem reduzir tempos- Mínimo Custo, Mínimo Tempo sem incremento de custos à DC (T-C DC's) e Mínimo Tempo sem incremento de custos globais (T-C).
2. Verifica-se que nestes três cenários, em dois deles -Mínimo Custo e Mínimo Tempo sem incremento de custos à DC (T-C DC's) - nenhuma DC é prejudicada no seu custo individualizado e tempo, em benefício de outras. Assim, serão considerados apenas os cenários Mínimo Custo C e T-C DC's.
3. O cenário de Mínimo Tempo sem incremento de custos à DC (T-C DC's) tem como objetivo a otimização do tempo. No cenário Mínimo Custo a diminuição desta variável foi apenas uma consequência. Uma vez que se pretende uma solução que pondere as duas variáveis, propõe-se a adoção do cenário de Mínimo Tempo sem incremento de custos à DC (T-C DC's).

Tabela 16- Compêndio de cenários e respetivos resultados em FCL

| | <i>Min C.</i> | <i>Min T.</i> | <i>Pareto</i> | <i>PP</i> | <i>T-C</i> | <i>T-C- DC's</i> |
|------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|------------------|
| Custo | -0,20% | 15,70% | 4% | 0,10% | ≈0% | ≈0% |
| Tempo | -0,5 | -6,40% | -5% | -1% | -1% | -1% |
| Nº Portos | -8 | -21 | -19 | -13 | -12 | -10 |
| Onera DC's | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não |

Possível evolução do Cenário 6

Sendo o número de portos uma variável importante na logística pela variação das economias de escala, julga-se pertinente apresentar uma evolução do cenário considerado cumpridor dos requisitos impostos- cenário 6. Na Figura 36 é possível ter uma noção clara das variações tempo/custo que os alguns portos provocam ao ser retirados. Para os potenciais portos a retirar (laranja), foi forçada a saída do mesmo para o porto que provocava um menor incremento de custos, com a certeza de que esta movimentação prejudica economicamente alguma DC. Foram apenas considerados para potenciais portos a retirar, portos não recetores de mercadoria de nenhum outro. Não foram representados os portos de Nantong e Tianjin por terem um incremento de custo na ordem dos 15k que tornariam a legibilidade do gráfico impossível (ver Tabela 8 do Anexo A).

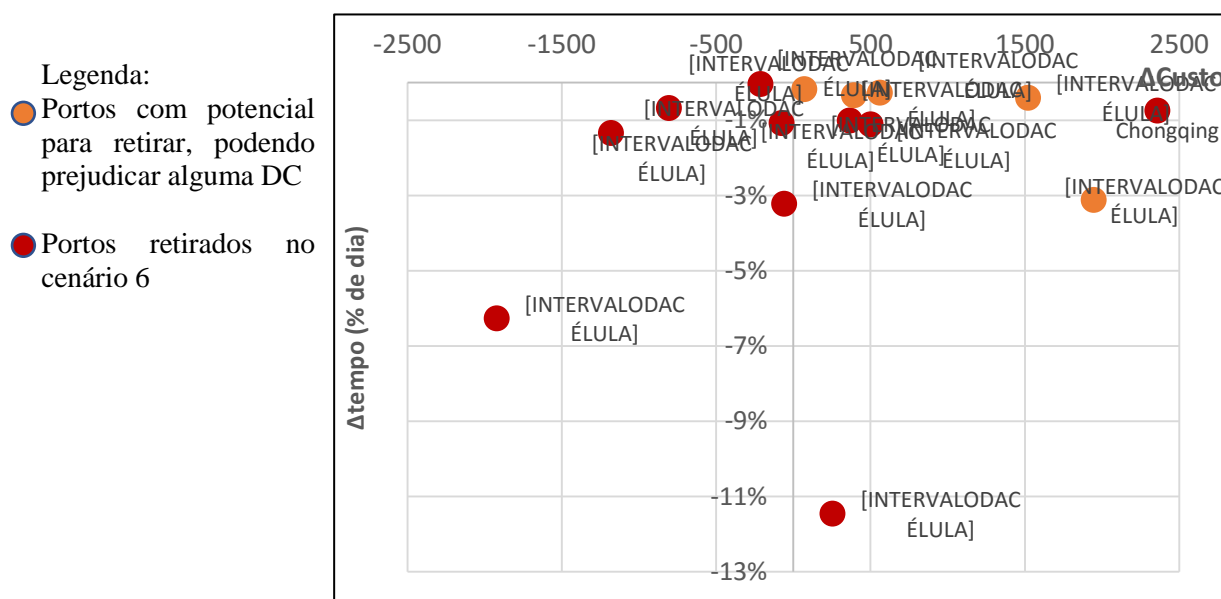


Figura 36- Diferencial de tempos e custos ocorridos na retirada do porto

4.2.5 Análise de Sensibilidade

Com o objetivo de identificar as variáveis que poderão induzir maiores alterações nas soluções encontradas realiza-se uma análise de sensibilidade. Para simplificação da análise, esta foi elaborada tendo como objetivo o mínimo custo, e por isso tem como cenário comparativo o cenário 1.

a. Procura

Para a possibilidade de ocorrer uma movimentação de *sourcing* para um outro país, foi testada uma variação da procura uniforme em todos os portos, quer em número de contentores quer em número de BL's, e a solução de portos manteve-se inalterável;

b. SCFI

O custo de frete é contratualmente indexado a este índice. Para o presente estudo foi assumido como valor anual de SCFI, o valor médio de 2016. No entanto, este índice é variável e atualizado semanalmente. Para testar o impacto deste pressuposto foi testado uma variação entre os valores de 550 e 950, a solução de portos manteve-se inalterável;

c. Inland

Foi também testado o efeito da variação dos custos *Inland* China na solução. Note-se que na solução inicial foi usado um índice de 70% em relação aos valores de referência,

devido a uma sobrevalorização esboçada nos valores de referência fornecidos pelo operador logístico. Seguidamente apresentam-se as mudanças de porto verificadas quando se altera de forma uniforme os custos de transporte cidade origem- porto origem. Verifica-se que a solução obtida é bastante sensível a esta variável.

Tabela 17- Análise de sensibilidade - Custos *Inland* FCL

| Δ Custos Inland | Número de portos eliminados: |
|------------------------|------------------------------|
| -70% | 17 portos |
| -50% | 13 portos |
| -30% | 9 portos |
| + 30% | 5 portos |
| + 70% | 4 portos |
| + 130% | 3 portos |
| + 170% | 2 portos |
| >230% | Não há eliminação de portos |

4.3 CB

4.3.1 Inputs- Custos, Tempos e Volumes

Os **Tempos** de *Inland* e frete utilizados nesta análise foram os mesmos que os usados na análise semelhante para FCL e estão descritos no capítulo 4.2.1. (análise ao CFS e não ao porto).

No que respeita aos **custos**, todas as rubricas possuem valores de referência contratuais para cada CFS, custos esses representados na Figura 2 do Anexo B. A variável Custo foi subdividida em quatro grandes rúbricas (ver terminologia em 3.1.3):

- Custos na Origem: constituídos por quatro subrúbricas: duas em função do m^3 , uma em função do número de *House BL* e uma última em função de uma cubicagem mínima: se a mercadoria não ultrapassar o mínimo cobra-se uma taxa pelo total da mercadoria, caso contrário é cobrada uma taxa por m^3 ;
- Custos de Frete: subrúbrica única dependente da tipologia e número de contentores;
- Custos na Chegada: constituído por quatro subrúbricas sendo que três delas são dependentes do número de contentores e outra em função do número adicional de entrepostos a visitar por cada contentor (Figura 3 do Anexo B);
- Custos *Inland*: subrúbrica única em função da cubicagem (Figura 1 do Anexo B);

Nas unidades de “**volume**” usadas nesta tipologia encontram-se o nº de m^3 e o número de *House BL*’s. A variável custo é em função do nº de m^3 , de *House BL*’s, do número e tipologia de contentores e uma rúbrica em função de uma cubicagem mínima. É então necessário obter o nº de *House BL*’s que estão abaixo da cubicagem mínima e o número de m^3 acima da mesma. Através dos valores históricos de 2016 foi usada a cubicagem total de 25747 m^3 (Figura 4B), sendo 96% acima da cubicagem mínima (Figura 6B) e cerca de 2096 *House BL*’s (Figura 7B), sendo 24% têm uma cubicagem abaixo da cubicagem mínima (Figura 5B). Estes *inputs* estão divididos pelos 6 CFS’s e pelas 53 semanas do ano.

Este cenário difere da análise de contentor completo porque a análise é feita temporalmente (análise fina à semana) e o número de contentores é uma variável *output* e não um *input*. Na definição do volume do contentor foi utilizada a taxa de consolidação média observável em

2016, representada na Figura 19, para se obter apenas o efeito da consolidação. Na Figura 2 do Anexo C poderá ver-se os parâmetros do OpenSolver usados na otimização deste problema.

4.3.2 Modelo Base

Em seguida é apresentada a modelação para o problema de contentor completo. As restrições apresentadas no modelo base são usadas em todos os cenários, sendo as específicas de cada cenário apresentadas em detalhe no mesmo. Seguidamente, são apresentadas as duas funções objetivo que irão depender de cenário para cenário. Seja i a cidade de origem (produção mercadoria) e j o CFS de embarque ou origem (China):

Modelação

Variáveis:

X_{ij} - variável de decisão binária igual a 1 se a mercadoria da cidade i se deslocar para o CFS j , 0 caso contrário

N_{tjs} - número de contentores da tipologia t operados no CFS de origem j na semana s

Dados:

CBM_{is} - Cubicagem transacionada na cidade de origem i na $s^{ésima}$ semana de 2016;

BL_{is} - número de House BL's transacionados na cidade de origem i na $s^{ésima}$ semana de 2016;

V_t - volume máximo suportado pelo contentor da tipologia t (20', 40', 40' HC) tendo em conta a taxa de utilização média observada em 2016 (ver 3.1.3- Taxa de consolidação);

pBL_{is} - proporção de House BL's cuja cubicagem transacionada na cidade i na $s^{ésima}$ semana de 2016, foi abaixo da cubicagem mínima;

$pCBM_{is}$ - proporção da cubicagem transacionada na cidade i na $s^{ésima}$ semana de 2016, abaixo da cubicagem mínima;

WH_j - número médio de entrepostos visitados pelos contentores provenientes do CFS j ;

Cin_{ij} - custos da deslocação terrestre (fornecedor) da cidade i para o CFS j por metro cúbico de mercadoria (Custos *Inland*);

$Com3_j$ - taxas a pagar por metro cubico no CFS j (Custos Origem);

$CoBL_j$ - taxas a pagar por *House BL* no CFS j (Custos Origem);

$Coacl_j$ - taxas a pagar se a cubicagem total no CFS j não ultrapassa a cubicagem mínima (Custos Origem);

$Codcl_j$ - taxas a pagar por m^3 se a cubicagem total no CFS j ultrapassa a cubicagem mínima (Custos Origem);

Cf_{tj} - custo de frete a pagar por número e tipologia do contentor t (20', 40', 40' HC e 45') no CFS j (Custos Frete);

Cdc_j - taxas a pagar por número de contentores que desembarcaram do CFS j (Custos Destino)

$Cdwh_j$ - taxas a pagar por número entrepostos adicionais a visitar, em Portugal, por cada contentor que desembarcou no CFS j (Custos Destino);

Tin_{ij} - tempo necessário para a deslocação terrestre da cidade de origem i para o CFS j (Tempo *Inland*);

Tt_j - tempo de trânsito marítimo despendido na viagem entre o CFS de origem j e o porto de destino (Tempo Frete);

Restrições:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 1 \quad (4.9)$$

$$x_{ij} = \{0,1\} \quad (4.10)$$

$$\forall j, s \sum_{i=1}^N CBM_{js} \cdot x_{ij} \leq V_{20} \cdot N_{20js} + V_{40} \cdot N_{40js} + V_{40HC} \cdot N_{40HCjs} \quad (4.11)$$

$$N_{tjs} \text{ inteiro} \quad (4.12)$$

Função objetivo:

$$Custo = C_{inland} + C_{origem} + C_{frete} + C_{destino}$$

Constituída por:

$$C_{inland} = \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^A \sum_{i=1}^N [Cin_{ij} \cdot CBM_{is} \cdot x_{ij}] \quad (4.13)$$

$$C_{origem} = \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^A \left[Com3_j \cdot \sum_{i=1}^N [CBM_{is} \cdot x_{ij}] + CoBL_j \cdot \sum_{i=1}^N [BL_{is} \cdot x_{ij}] \right. \\ \left. + Coacl_j \cdot \sum_{i=1}^N [pBL_{is} \cdot BL_{is} \cdot x_{ij}] + Codl_j \cdot \sum_{i=1}^N [pCBM_{is} \cdot CBM_{is} \cdot x_{ij}] \right] \quad (4.14)$$

$$C_{frete} = \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^A [C_{f20j} \cdot N_{20js} + C_{f40j} \cdot N_{40js} + C_{f40HCj} \cdot N_{40HCjs}] \quad (4.15)$$

$$C_{destino} = \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^N [(N_{20js} + N_{40js} + N_{40HCjs}) * [Cdc_j + Cdw_h_j \cdot (WH_j - 1)]] \quad (4.16)$$

OU

$$Tempo = T_{inland} + T_{frete}$$

Constituída por:

$$T_{inland} = \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^A \sum_{i=1}^N \left[\frac{CBM_{is}}{\sum_{s=1}^A \sum_{i=1}^N [CBM_{is}]} \cdot Tin_{ij} \cdot x_{ij} \right] \quad (4.17)$$

$$T_{frete} = \sum_{j=1}^N \left(\frac{\sum_{s=1}^A \sum_{i=1}^N [CBM_{is} \cdot x_{ij}]}{\sum_{s=1}^A \sum_{i=1}^N [CBM_{is}]} \cdot Tt_j \right) \quad (4.18)$$

A restrição (4.9) é responsável por garantir que a mercadoria proveniente da cidade i tem um e um só CFS de origem j , sendo que a alocação de CFS's é representada por uma variável

binária (4.10). A restrição (4.11) modela o número de contentores, de número inteiro (4.12), pela seguinte lógica: a soma de toda a cubicagem num CFS j terá de ser menor ou igual que o somatório da cubicagem total transportável pelos contentores (output).

Quando a função objetivo é a minimização de custos esta resulta da soma dos **Custos Inland** (4.13) - multiplica o número de m^3 pelos custos, e pela respetiva variável de decisão - **Custos de origem** (4.14) - multiplica os custos pelo nº de m^3 totais e acima da cubicagem mínima, nº *House BL's* total e abaixo da cubicagem mínima pela respetiva variável de decisão - **Custos de frete** (4.15) - multiplica os custos pelo número de contentores de cada tipologia- e por fim os **Custos de destino** (4.16) - que multiplicam os custos pelo número total de contentores e pelo número de BL's, e finalmente pela variável de decisão, sendo que uma das subrúbricas é dependente do número médio de entrepostos visitados pelos contentores. Quando a função objetivo é a minimização de tempos esta resulta do somatório dos **Tempos de Inland** (4.17) - média aritmética ponderada dos tempos de cada par cidade $i - CFS j$ pelos respetivos volumes - com os **Tempos de frete** (4.18) - média aritmética ponderada dos tempos de cada CFS j pelos respetivos volumes e variável binária.

A análise de consolidação tem uma particularidade comparativamente com a de contentor completo: o número de contentores é variável. Não faria, então, qualquer sentido calcular o tempo global médio por contentor pois antes e depois da otimização o número de contentores difere. Optou-se pela resolução descrita em (9) e (10) que substitui a divisão do tempo total por contentores pela ponderação de tempos através da respetiva cubicagem: cargas maiores terão um maior peso no tempo de transporte médio anual em cada cenário.

O número de contentores é então um output, otimizado perante a função objetivo de mínimo custo. Quando a função objetivo é a de tempo o modelo não faz a alocação a contentores seguindo o menor custo, fá-lo então de forma aleatória (sempre cumprindo a restrição (4.11)). Para colmatar este *handicap* terá de existir um processo iterativo exaustivo para tentar diminuir os custos ao máximo mantendo o mínimo tempo do primeiro resultado obtido.

A Figura 9 do Anexo B ilustra uma das rúbricas do custo no ficheiro Excel e a Figura 8 do Anexo B, as variáveis de decisão do problema.

4.3.3 Cenários e Análise

Seguidamente irão ser apresentados quatro cenários, cada um com uma função objetivo e/ou restrições adequadas ao objetivo que o caracteriza. Para cada cenário irão ser introduzidas as alterações face à modelação base e serão apresentados os resultados: escolha de portos, os valores de tempo e custo e o respetivo *drill-down* à rúbrica. Seguidamente, sempre que justificado, será analisado o impacto da solução em cada DC e por fim será feita uma breve descrição dos resultados. Não foi usado do método paramétrico para a obtenção da fronteira de Pareto devido à dificuldade em obter o número ótimo de contentores quando a função objetivo não é a de mínimo custo.

Quando se mostrou necessário fazer uma partição de custos à DC, para as rúbricas de custo de frete e destino foi usado uma aproximação ponderada pela cubicagem importada por cada DC (análise à semana). Estas rúbricas de custo dependem da partição de volumes das DC's por contentores - output - impossível de ratear com precisão. Para as rúbricas de custo *Inland* e origem foi usada a mesma metodologia que em FCL.

Na representação de CFS's, a cruz representa a eliminação do CFS sendo que a mercadoria da respetiva cidade transita para o CFS sublinhado com a mesma cor.

Cenário 1 - Mínimo Custo (Min C.)

Neste cenário pretendeu-se analisar qual o número de CFS's que garante um custo total mínimo.

1. Alterações ao modelo original:

$$\text{Função Objetivo: } \min Z = C_{\text{Inland}} + C_{\text{origem}} + C_{\text{frete}} + C_{\text{destino}}$$

2. Resultados:

Tabela 18- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 1 CB

| | Situação 2016 | Cenário 1 | Delta |
|-----------------|---------------|-------------|-------|
| 1. N° de portos | 6 | 4 | -33% |
| 2. Custos (USD) | \$1.521.425 | \$1.500.449 | -1,4% |
| 3. Tempo (dias) | 32,76 | 33,11 | 1% |
| 3.1. Inland | 0 | 0 | 0 |
| 3.2. Trânsito | 32,76 | 33,11 | 1% |

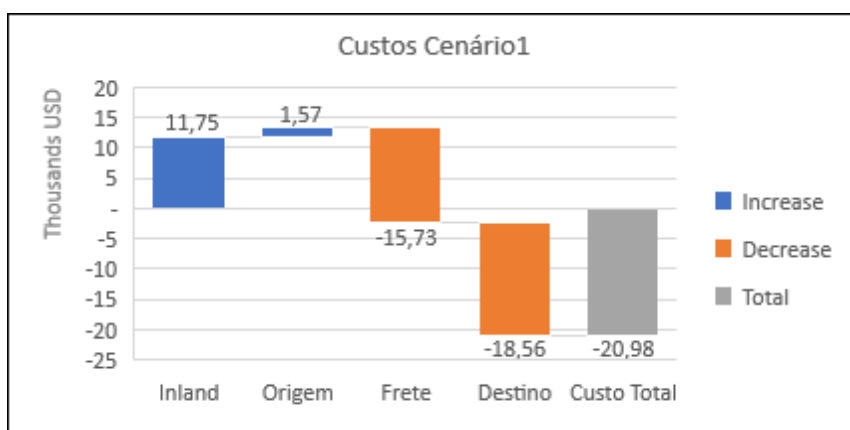


Figura 37- Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 1 CB

3. Impacto nos valores de custo e tempo das DC's

Tabela 19- Impacto do custo nas DC's cenário 1 CB

| | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | DC5 | DC6 | DC7 |
|-------|-------|------|-------|-----|-----|------|-----|
| Custo | +1,4% | -10% | +1,2% | -2% | -3% | -17% | -3% |

4. Leitura de resultados

Com uma poupança global superior a 20 k\$ é possível reduzir dois CFS's. Como contrapartida, existe um aumento de 0,8 dias no tempo de transito médio e os ganhos económicos globais prejudicam duas DC's em particular. Com este processo de otimização de contentores é possível reduzir 25 contentores num universo inicial de 501.

Estudada a situação das DC's 1 e 3 verificou-se que o incremento de custos *Inland* (≈4K\$), não é compensado por uma diminuição expectável de custos frete (-0,8K\$). Este facto é justificado pelo grande volume típico das DC's, que por si só, ocupam um valor considerável do contentor e por isso o ganho na consolidação seria residual.

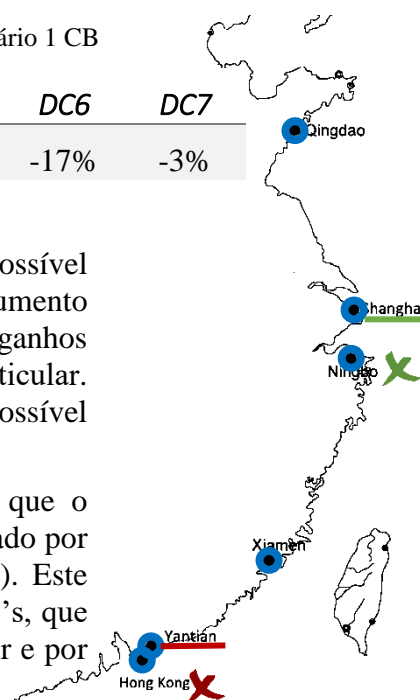


Figura 38- Distribuição de CFS's para o cenário 1

Perante esta situação foi investigada a possibilidade da mudança apenas da mercadoria das DC's que obtiveram prejuízo económico no presente cenário. Com este efeito, a proveniência de Ningbo foi apenas mantida para as DC's 1 e 3 e foi corrido o modelo de otimização:

Cenário 1.1 – Cenário 1A, mantendo a DC 1 e 3 em Ningbo (Min C.1A)

1. Alterações ao modelo original:

$$\text{Função Objetivo: } \min Z = C_{\text{Inland}} + C_{\text{origem}} + C_{\text{frete}} + C_{\text{destino}}$$

Proveniência de Ningbo foi apenas mantida para as DC's 1 e 3

2. Resultados:

Tabela 20- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 1A CB

| | Situação 2016 | Cenário 2 | Delta |
|------------------------|---------------|-------------|-------|
| 1. N° de portos | 6 | 6 | - |
| 2. Custos (USD) | \$1.521.425 | \$1.524.715 | 0,2% |
| 3. Tempo (dias) | 32,76 | 32,94 | 0,5% |
| 3.1. <i>Inland</i> | 0 | 0 | - |
| 3.2. Trânsito | 32,76 | 32,94 | 0,5% |

3. Impacto nos valores de custo e tempo das DC's

Tabela 21- Impacto do custo nas DC's cenário 1A CB

| | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | DC5 | DC6 | DC7 |
|--------------|-----|------|------|-------|-----|------|-----|
| Custo | +8% | -11% | 8,4% | -1,8% | -2% | -16% | -4% |

4. Leitura de Resultados

O benefício económico da consolidação de mercadoria será tanto maior quanto maior for o volume ocupado do contentor pelas diferentes cargas. Quando se separa mercadoria, como ocorreu neste cenário, corre-se o risco de não ter mercadoria suficiente para otimizar o volume total do contentor, havendo um aumento de custos para ambas as partições e respectivas DC's pois os custos repartem-se por um menor número de unidades.

Este efeito poderá ser verificado neste cenário: ao manter as DC's 2 e 3, o custo do frete em Ningbo aumenta na ordem dos 7 pontos percentuais e as restantes DC's, em Shanghai, têm um ganho menor relativamente ao cenário de mudança generalizada. Neste cenário o número de contentores mantém-se igual à situação inicial, o que indica que a diminuição de contentores em Ningbo é compensada pelo aumento de contentores das DC's que transitam para Shanghai, não conseguindo assim uma otimização de contentores nem o propósito da consolidação.

Cenário 2 - Mínimo Tempo (Min T.)

Neste cenário pretendeu-se analisar qual o número de CFS's que garante o mínimo tempo de viagem médio por contentor.

1. Alterações na modelação original:

$$\text{Função Objetivo: } \text{Min } Y = T_{\text{Inland}} + T_{\text{frete}}$$

Processo iterativo para encontrar o mínimo custo

2. Resultados:

Tabela 22- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 2 CB

| | Situação 2016 | Cenário 2 | Delta |
|------------------------|---------------|-------------|----------|
| 1. N° de portos | 6 | 2 | -67% |
| 2. Custos (USD) | \$1.521.425 | \$1.636.795 | 8% |
| 3. Tempo (dias) | 32,76 | 31,22 | -5% |
| 3.1. <i>Inland</i> | 0 | 0,31 | ∞ |
| 3.2. Trânsito | 32,76 | 30,91 | -6% |

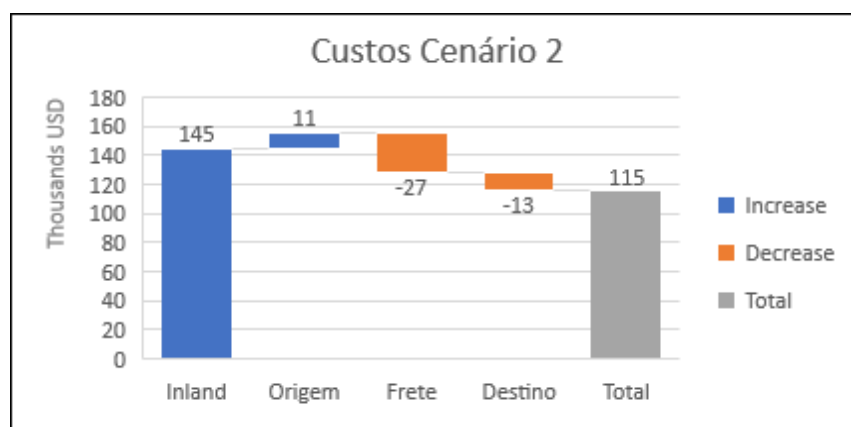


Figura 39 -Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 2 CB

4. Distribuição dos desvios pelas DC's

| | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | DC5 | DC6 | DC7 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| Custo | +7% | +7% | +8% | -8% | +10% | +1% | -3% |

Tabela 23- Impacto do custo nas DC's cenário 2 CB

5. Leitura de resultados

Com este modelo é possível reduzir 1,5 dias em média por contentor, sendo os 31 dias o mínimo tempo de trânsito da cadeia. Para isso existe um aumento de custos de 230\$ por cada contentor (afetado e não afetado pela mudança). Ao total de 501 contentores conseguem-se remover 54. Este cenário tem um impacto que difere de DC para DC.

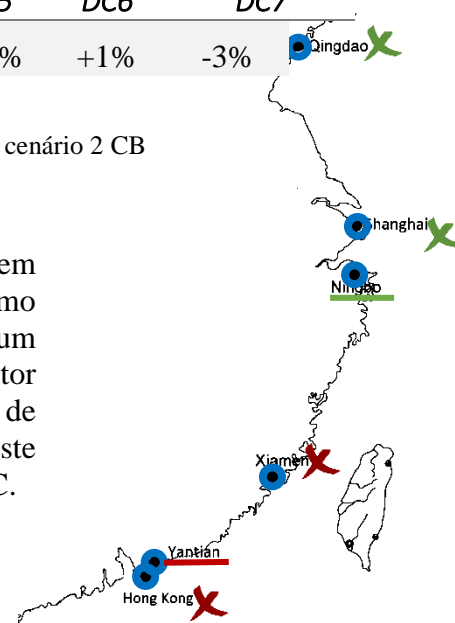


Figura 40- Distribuição de CFS's para o cenário 2

Cenário 3 - Mínimo tempo, mas custo global abaixo do ocorrido em 2016 (Cen4)

1. Alterações ao modelo original:

$$\text{Função Objetivo: } \min Y = T_{\text{Inland}} + T_{\text{frete}}$$

$$\text{Restrições: } C_{\text{Inland}} + C_{\text{origem}} + C_{\text{frete}} + C_{\text{destino}} \leq C_{2016}$$

2. Resultados:

Tabela 24- Resultado das variáveis em estudo para o cenário 3 CB

| | Situação 2016 | Cenário 2 | Delta |
|------------------------|---------------|-------------|-------|
| 1. N° de portos | 6 | 5 | -16% |
| 2. Custos (USD) | \$1.521.425 | \$1.520.390 | -0,1% |
| 3. Tempo (dias) | 32,76 | 32,75 | ≈0% |
| 3.1. Inland | 0 | 0 | 0 |
| 3.2. Trânsito | 32,76 | 32,75 | ≈0% |

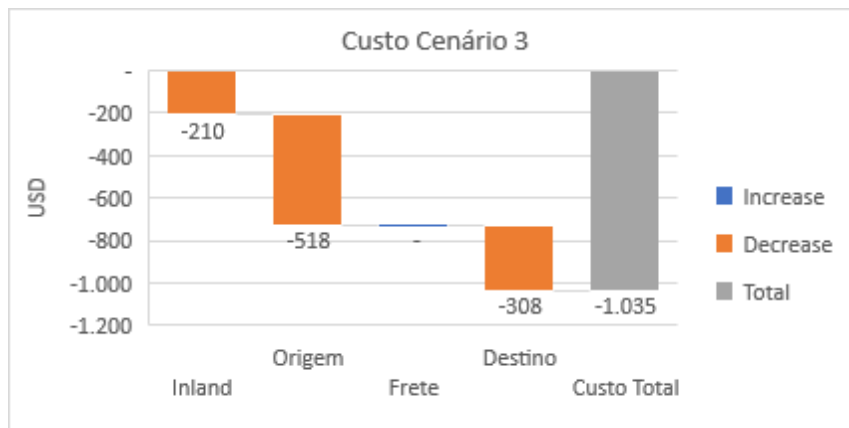


Figura 41-Resultado para as diferentes rubricas de custo cenário 3 CB

3. Leitura de resultados

Pela justificação dada em 4.1, a mudança única do porto de Hong Kong afetará sempre de uma forma positiva todas as DC's quer economicamente, quer em termos de tempo, e consequentemente não aumenta os custos da empresa no global. Este cenário tem um pequeno impacto na cadeia atual, devido ao reduzido volume transacionado de apenas dois contentores.

Outros cenários com a mesma solução do cenário 4:

- a. Minimizar o tempo, mas com custo global abaixo do ocorrido em 2016
- b. Não onerar economicamente nenhuma DC

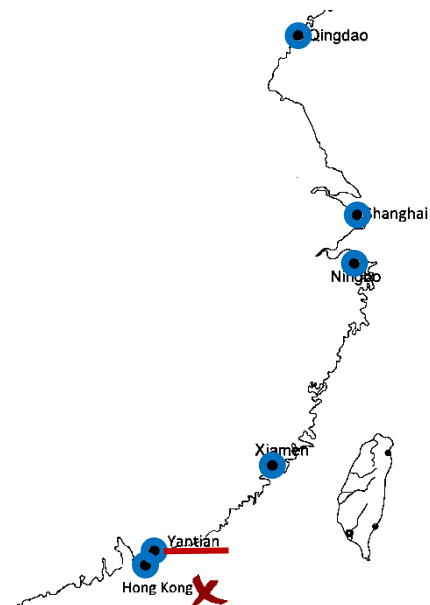


Figura 42- Distribuição de CFS's para o cenário 3

4.3.4 Resumo e Proposta

Depois de obtidas todas as soluções (sumarizadas na Tabela 25), para a escolha de um cenário que se poderá enquadrar nas necessidades da empresa, foi tido o seguinte raciocínio:

1. O cenário de Mínimo Tempo colide com a condição prévia de não aumentar os custos globais;
2. Pela razão enunciada em 4.1, a mudança de Hong Kong para Yantian nunca prejudicará a empresa em geral nem nenhuma DC em particular. Por essa razão, tudo aponta que o cenário 4 atinja os objetivos pretendidos pela empresa.
3. No entanto, o cenário Mínimo Custo que indica também a eliminação de Ningbo poderá ser ponderado já que, apesar de contrariar o critério de não onerar nenhuma DC, traria benefícios imediatos para a empresa como um todo, bem como benefícios não mensuráveis a médio/longo prazo consequentes de existir um maior volume para consolidar:
 1. Economias de escala
 2. Maior flexibilidade no planeamento
 3. Maior controlo operacional

Tabela 25- Compêndio de cenários e respetivos resultados em FCL

| | <i>Min C</i> | <i>Min C.1</i> | <i>Min T.</i> | <i>Cen.4</i> |
|------------|--------------|----------------|---------------|--------------|
| Custo | -1,4% | 0,2% | 8% | -0,1% |
| Tempo | 1% | 0,5% | -5% | ≈0% |
| Nº de CFS | -2 | -19 | -4 | -1 |
| Onera DC's | Sim | Sim | Sim | Não |

Uma vez testado o cenário de Mínimo Custo com a possibilidade de separar mercadoria de diferentes DC's (Mín C.1), ficou evidente que a consolidação deve ser um processo global da empresa e a decisão não poderá ser tomada em relação a uma direção comercial em particular. Este cenário (Mín C.1) tem um impacto negativo superior ao cenário de mínimo custo e por isso não será viável.

A situação aconselhada para este problema passará então por eliminar Hong Kong, que transitará para Yantian, sendo que será da consideração da empresa eliminar Ningbo. Nesta última decisão, a empresa deverá balancear o prejuízo económico das duas DCs' com o benefício de obter a melhor solução económica para a empresa e potenciar a concentração futura no porto de Shanghai com todas as vantagens inerentes. É importante ponderar os seguintes pontos:

- Caso as DC's que beneficiam da solução sejam a favor da mudança, deve haver uma migração de todas as DC's, eliminando o risco das duas DC's prejudicadas no Cenário 1 saírem ainda mais lesadas;
- Sendo este um tema de gestão inerente à empresa, este tema poderá ser abordado internamente de duas formas: as DC's que beneficiam com a mudança de Ningbo, atualmente pagam mais para que as restantes paguem menos; no entanto todas foram pagando menos do que pagariam se estivessem a operar individualmente.

Possível evolução na escolha de CFS's

Foi ainda estudada a evolução de cenários para uma maior redução no número de CFS's, sempre com o objetivo de diminuir custos. Para cada porto testou-se uma iteração onde se mantinha a modelação base do Cenário 1 e se adicionava a seguinte restrição: no porto em questão a variável binária, responsável por manter a mercadoria no próprio porto, teria de ser zero, e assim forçar a mercadoria a mudar de porto. Depois, eram medidos os desvios em relação ao cenário 1. Os desvios de custos e tempos para as respectivas mudanças encontram-se representados na Figura 44, acompanhados pela dimensão da respetiva mudança (número de contentores) na Figura 43:

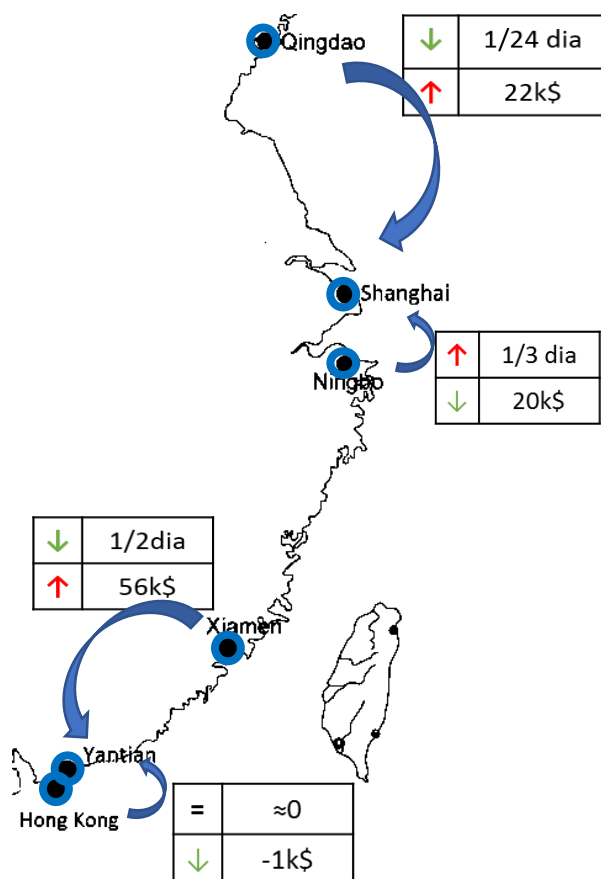


Figura 44- Desvios das variáveis, resultante da deslocação da mercadoria dos CFS's em questão

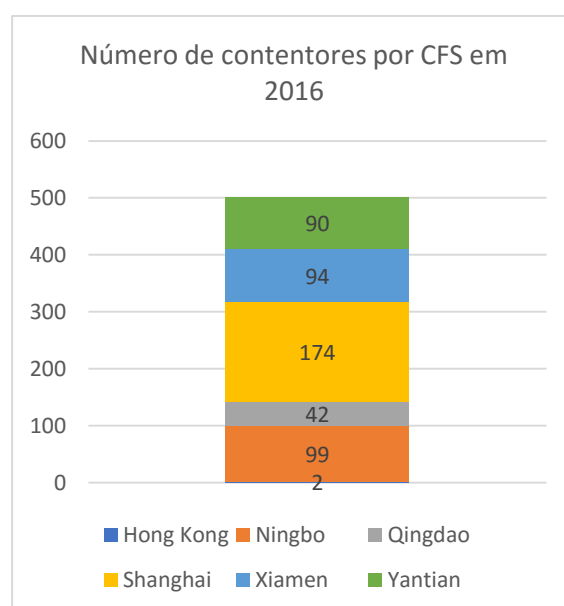


Figura 43- Número de contentores transacionados CB AS IS

4.3.5 Análise de Sensibilidade

Com o objetivo de identificar as variáveis que poderão induzir maiores alterações nas soluções encontradas realiza-se uma análise de sensibilidade. Para simplificação da análise, esta foi elaborada tendo como objetivo o mínimo custo, e por isso tem como cenário comparativo o cenário 1. Na representação de CFS's, nas Tabelas 26 e 27, a cruz representa a eliminação do CFS sendo que a mercadoria transita para o CFS sublinhado com a mesma cor.

a. Procura:

Para a possibilidade de ocorrer uma movimentação de *sourcing* para um outro país, foi testada uma variação da procura uniforme em todos os CFS's, quer em cubicagem quer em número de *House BL's*. Verifica-se que a solução obtida é bastante sensível a esta variável com os resultados representados na Tabela 26;

Tabela 26-Análise de sensibilidade - Procura CB

| Δ Procura | Mudanças ocorridas: |
|------------------|--|
| -20% | <u>Yantian</u> Hong Kong X Xiamen Ningbo X <u>Shanghai</u> Qingdao |
| -60% | <u>Yantian</u> Hong Kong X Xiamen Ningbo X <u>Shanghai</u> Qingdao X |
| -80% | <u>Yantian</u> Hong Kong X Xiamen X Ningbo X <u>Shanghai</u> Qingdao X |
| Qualquer aumento | <u>Yantian</u> Hong Kong X Xiamen Ningbo X <u>Shanghai</u> Qingdao |

b. *Custos Inland*:

Foi também testado o efeito da variação de custos *Inland* na solução. Note-se que na solução inicial foi usado um índice de 70% em relação aos valores de referência fornecidos pelo operador logístico. Na Tabela 27 apresentam-se as mudanças de CFS verificadas quando se alteram esta. Verifica-se assim que a solução obtida é bastante sensível a esta variável.

Tabela 27- Análise de sensibilidade - Custos *Inland* CB

| Δ Custos Inland | Mudanças ocorridas: |
|------------------------|--|
| -30% | Yantian X Hong Kong X <u>Xiamen</u> Ningbo X <u>Shanghai</u> Qingdao X |
| -20% | Yantian Hong Kong X <u>Xiamen</u> Ningbo X <u>Shanghai</u> Qingdao X |
| Qualquer aumento | <u>Yantian</u> Hong Kong X Xiamen Ningbo Shanghai Qingdao |

c. *SCFI*

Componente com impacto no custo de frete. Foi testada uma variação entre os valores de 550 e 950 USD e a solução de portos manteve-se inalterável;

d. *Taxa de ocupação do contentor*

Ao aumentar a taxa de aproveitamento do contentor (otimização do volume), utilizam-se de facto menos contentores com a consequente redução de custos, no entanto esta variável não interferiu na rede de portos já obtida.

5 Conclusões

Na realidade empresarial é frequente que a otimização de um indicador seja acompanhada pela deterioração de outros. Tentar balancear benefícios e prejuízos trazidos por indicadores de naturezas distintas, que afetarão de diferente forma os segmentos da empresa exige experiência e conhecimento profundo da realidade estudada.

Em contentor completo foram apresentados vários cenários com diferentes objetivos: minimizar custo ou tempo, dar igual importância às duas variáveis ou forçar a escolha apenas de portos principais. O cenário proposto consegue cumprir todas as necessidades da empresa: é conseguida uma diminuição de 10 portos nos 23 iniciais, acompanhada de uma descida de tempo médio de 1/3 do dia por contentor (-1%) e uma diminuição insignificativa de custos na cadeia. Como se mostrou na análise da sensibilidade deste exercício, os custos *Inland* são críticos e preponderantes na solução encontrada. Para considerações futuras, é aconselhável o conhecimento da localização exata do local de produção de cada fornecedor, já que esta é uma variável bastante influente na solução.

Em contentor consolidado, foram também elaborados vários cenários com diferentes objetivos para as variáveis custo e tempo. É de notar que este problema provou ser mais rígido que o problema anterior pois muitos dos cenários têm soluções semelhantes. Este facto pode ser justificado quer pelo menor número de portos/CFS's em escolha, quer pela já existente otimização da rede. Analisando os resultados para este problema é proposto a migração de toda a mercadoria cujo fornecedor queira embarcar em Hong Kong, para Yantian pela razão enumerada em 4.1 e posteriormente comprovada pelo cenário 3. A implementação do cenário de mínimo custo, com a eliminação do porto de Ningbo, beneficia economicamente a empresa, no entanto, prejudica alguns dos negócios.

É possível concluir que o processo de consolidação só faz sentido de forma generalizada, não existindo assim soluções particulares benéficas: caso as DC's que beneficiam da solução sejam a favor da mudança, deve haver uma migração global. Quando se dispersa mercadoria, corre-se o risco de não ter mercadoria suficiente para otimizar o volume total do contentor, havendo um aumento de custos *Inland* que não é compensada pela diminuição expectável de custo de frete. Através da análise da sensibilidade em CB, é possível concluir a forte influência dos custos *Inland* e da procura na solução encontrada.

A diminuição de custos totais e tempo médio das soluções propostas face à situação atual não é de grande expressão, o que indica uma já eficaz cadeia de abastecimento *as is*. No entanto, o número de portos e CFS's retirados é mais expressivo (44% e 33% respetivamente), que se irá refletir num aumento das economias de escala e benefícios qualitativos: o aumento de poder de negociação junto a armadores, maior capacidade de planeamento e a maior flexibilidade na tomada de decisões.

A diminuição de tempo permitirá uma maior flexibilidade para a equipas de *sourcing* fundamental para atrair e reter o consumidor pois, poderão fazer as suas escolhas de produto até mais tarde obtendo maior informação sobre as tendências de consumo e assim optar pela melhor opção. A centralização de operações permite, além da poupança em custos, aumentar

o nível de monitorização da mercadoria e a influência e capacidade negocial junto dos armadores.

Numa empresa o benefício global, poder-se-á por vezes fazer à custa de algum prejuízo das partes, é por isso imprescindível ter um pensamento coletivo procurando o sucesso global. Exemplo disso foram as soluções propostas para os problemas: em contentor completo onde, dentro da mesma Direção Comercial, por exemplo, o prejuízo da mudança do porto de Chongqing irá ser coberto por uma poupança proveniente da eliminação de outros portos; e no Cenário 1 da consolidação, onde o saldo da empresa é positivo apesar de existirem DC's prejudicadas.

Para as soluções expressarem os seus benefícios, é necessário que as equipas de *sourcing* estejam bem integradas e conhecedoras dos custos máximos que, com a mudança de portos/CFS, o fornecedor poderá imputar ao custo do produto, seguindo o seguinte raciocínio: se o incremento de custos nos produtos for maior que os custos tabelados até à origem (inclusivé), a escolha do porto/CFS j não será a opção mais eficiente. Estes ganhos e vantagens serão ampliados se estas equipas começarem a movimentar a suas preferências para fornecedores mais próximos dos portos que se manterão.

A adequação dos dados à realidade para este tipo de modelos matemáticos é preponderante para a solução obtida. Na realidade, é frequente a estimação e aproximação de dados quando estes são inexistentes, o que pode comprometer a fiabilidade do modelo.

O Open Solver foi uma ferramenta muito útil na presente análise com tempos de espera muito curtos (<1 min) na resolução de problemas de grande escala (900 variáveis). Crê-se que este modelo pode ser adaptado a outras realidades, basta simplesmente proceder à alteração dos *inputs*. Numa grande organização, o sucesso de um modelo de melhoria envolve sempre o diálogo, a aceitação e integração do mesmo pelos restantes elementos (DC's, fornecedores, parceiros). No entanto do ponto de vista logístico e estrutural, estas mudanças podem ser implementadas de imediato.

Referências

- Carvalho J. 2004, “*A lógica da logística*”, Edições Sílabo, Lisboa
- Keedi, S. 2011, “*Transportes, Unitização e Seguros Internacionais de Carga*”, Edições Aduaneiras, São Paulo
- Amorim, Pedro, 2015/2016, Transport, Logistics classes, FEUP
- Amorim, Pedro, 2015/1026, *Network*, Logistics classes, FEUP
- Rodrigue, J-P 2017, *The Geography of Transport Systems*, Hofstra University, Department of Global Studies & Geography, <http://people.hofstra.edu/geotrans>
- Geography of transport systems, último acesso: março de 2017, <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch7en/conc7en/ch7c3en.html>
- Jasmine Siu Lee Lam, Yimiao Gu, 2016 *A market-oriented approach for intermodal network optimisation meeting cost, time and environmental requirements*, International Journal of Production Economics
- Kimura, F. e Obashi, A. 2011. Production Networks in East Asia: What We Know So Far. ADBI Working Paper 320. Tokyo: Asian Development Bank Institute. Disponível em: <http://www.adbi.org/working-paper/2011/11/11/4792.production.networks.east.asia/>
- Nassimbeni, G. e Sartor, M. 2007, “Sourcing in China: a typology”, Int. J. Production Economics
- Appendix 5, Tuck University, último acesso 4/2017. Disponível em: http://faculty.tuck.dartmouth.edu/images/uploads/faculty/optimization-modeling-third/appendix_5_opensolver.pdf
- Mason A. e Dunning I., 2010. “OpenSolver: Open Source Optimisation for Excel”, Proceedings of the 45th Annual Conference of the ORSNZ, November 2010.
- SUN, Yan e LANG, Maoxiang. Bi-objective optimization for multi-modal transportation routing planning problem based on Pareto optimality. Journal of Industrial Engineering and Management. Available at: <<http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1562>>. Date accessed: 09 june 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1562>.
- Narzisi, Giuseppe. Classic Methods for Multi-Objective Optimization. Courant Institute of Mathematical Sciences New York University 31 January 2008
- Kim, Il and Weck, Oliver, 2006. “*Adaptive Weighted Sum Method for Multiobjective Optimization*”, O.L. Struct Multidisc Optim (2006) 31: 105. doi:10.1007/s00158-005-0557-6
- Portal de negócios, 2010. Paraísos Fiscais Volume XIII – Hong Kong. Disponível em: http://www.oportaldenegocios.com/xfiles/pdf/pf/paraissos_fiscais_vol13.pdf
- Delloite. (2017). *Global Powers of Retailing 2017*.

Carravilha, Antónia Maria, Pinho Jorge Sousa, e Manuel Matos. 1995. *Tomada de Decisões Multicritério no Planemanto Agregado da Produção*. FEUP; INESC.

[illegible]

| Row Labels | BL |
|--------------------|-------------|
| Chongqing | 2 |
| Dalian | 1 |
| Foshan | 1 |
| Fuzhou | 23 |
| Hong Kong | 10 |
| Huangpu | 3 |
| Jiangmen | 4 |
| Lianyungang | 1 |
| Nanjing | 1 |
| Nansha | 152 |
| Nantong | 25 |
| Ningbo | 310 |
| Qingdao | 125 |
| Rongqi | 2 |
| Shanghai | 212 |
| Shantou | 9 |
| Tianjin | 26 |
| Wuhan | 1 |
| Wuhu | 3 |
| Xiamen | 152 |
| Xiaolan | 11 |
| Yantian | 275 |
| Zhongshan | 4 |
| Grand Total | 1353 |

Tabela 2A- *Input*: Número de BL's

| Count of Container Nu Col | 20' | 40' | 40'HC | 45' | Grand Total |
|---------------------------|------------|------------|-------------|-----------|-------------|
| Row Labels | | | | | |
| Chongqing | | | 2 | | 2 |
| Dalian | | 1 | | | 1 |
| Foshan | 1 | | | | 1 |
| Fuzhou | 12 | 12 | 7 | | 31 |
| Hong Kong | 6 | 5 | | | 11 |
| Huangpu | 2 | | 2 | | 4 |
| Jiangmen | 1 | 3 | 34 | | 38 |
| Lianyungang | | 1 | | | 1 |
| Nanjing | | | 2 | | 2 |
| Nansha | 17 | 154 | 487 | | 658 |
| Nantong | 19 | 16 | 21 | | 56 |
| Ningbo | 93 | 154 | 369 | 1 | 617 |
| Qingdao | 40 | 60 | 167 | 3 | 270 |
| Rongqi | | 1 | 4 | | 5 |
| Shanghai | 87 | 119 | 201 | | 407 |
| Shantou | 6 | 4 | 6 | | 16 |
| Tianjin | 9 | 8 | 25 | | 42 |
| Wuhan | | 1 | 1 | | 2 |
| Wuhu | | 4 | 6 | | 10 |
| Xiamen | 52 | 93 | 120 | 3 | 268 |
| Xiaolan | 1 | | 16 | | 17 |
| Yantian | 83 | 194 | 237 | 6 | 520 |
| Zhongshan | 1 | 2 | 2 | | 5 |
| Grand Total | 430 | 832 | 1709 | 13 | 2984 |

Tabela 3A- *Input*: Número de Contentores

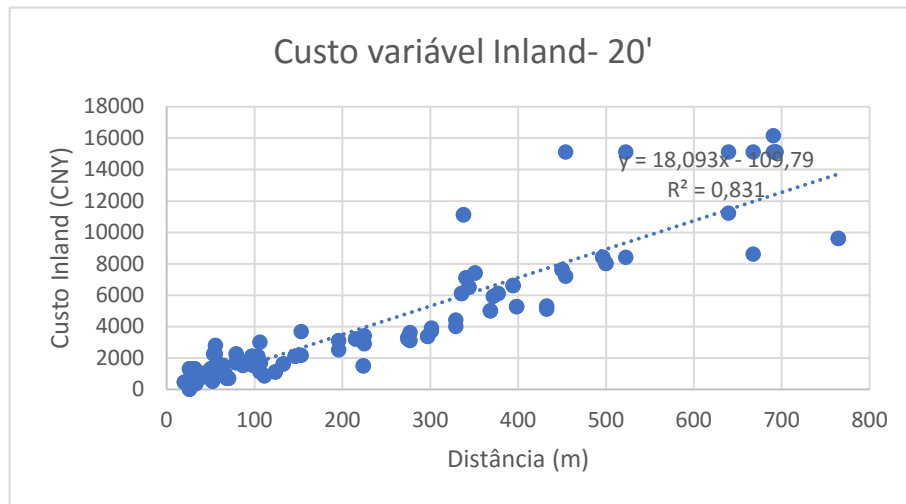


Figura 4A- Regressão linear custovsdistância – restantes contentores FCL

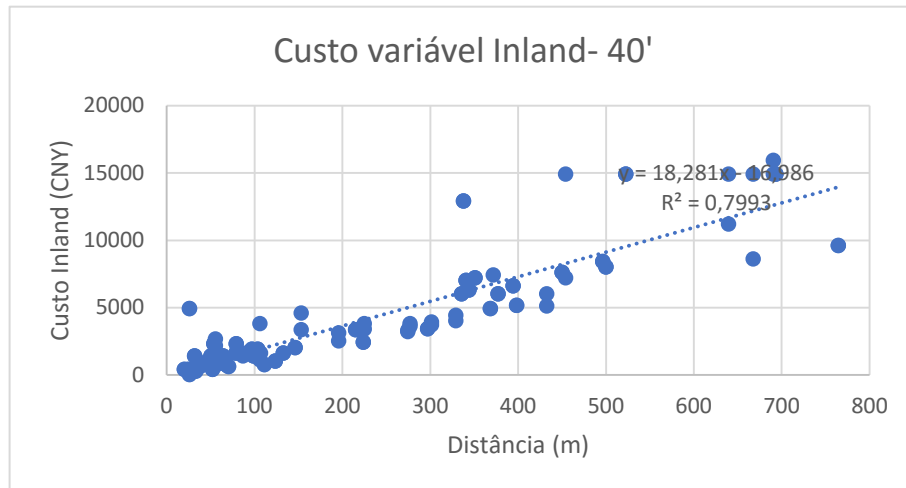


Figura 5A- Regressão linear custovsdistância – restantes contentores CB

| Yardian | DALIANG | FUZHOU | Nansha | QINSHI | SHANG | XIAMEN | Tianjin | HONGK | LIANYUN | SHANTU | GUANG | HUANG | QUANTO | PONIG | WENZH | WUHAN | YANGZ | Zhanjiang | ZHUIHA | ZHONG | BEIJIAQ | XIAOLIA | JIANPING | MANJIAN | Foshan | Wuhu | Changshu |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|---------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|----------|
| Yardian | 1058 | 37046 | 2500 | 21408 | 30646 | 23457 | 9697 | 35208 | 3048 | 27777 | 4504 | 2800 | 23394 | 2700 | 17395 | 21436 | 23228 | 4270 | 3280 | 3280 | 3400 | 2700 | 3400 | 3000 | 22367 | 2700 | 20777 |
| DALIANG | 37046 | 1800 | 27636 | 36787 | 16717 | 7487.5 | 16717 | 30934 | 14000 | 37360 | 10552 | 33380 | 36404 | 36301 | 16238 | 36390 | 22756 | 15228 | 37874 | 37268 | 37268 | 37268 | 37268 | 37268 | 37268 | 37268 | 37268 |
| FUZHOU | 1800 | 3100 | 13804 | 9830.5 | 21513 | 12402 | 4450 | 27687 | 13430 | 18390 | 8444.3 | 13360 | 13651 | 13580 | 14210 | 5739.5 | 14136 | 13869 | 20538 | 14432 | 14390 | 15340 | 13677 | 14244 | 12445 | 25383 | |
| Nansha | 2500 | 36787 | 13804 | 9830.5 | 21513 | 12402 | 4450 | 27687 | 13430 | 18390 | 8444.3 | 13360 | 13651 | 13580 | 14210 | 5739.5 | 14136 | 13869 | 20538 | 14432 | 14390 | 15340 | 13677 | 14244 | 12445 | 25383 | |
| NINGBO | 2800 | 19621 | 9830.5 | 21513 | 12402 | 4450 | 27687 | 13430 | 18390 | 8444.3 | 13360 | 13651 | 13580 | 14210 | 5739.5 | 14136 | 13869 | 20538 | 14432 | 14390 | 15340 | 13677 | 14244 | 12445 | 25383 | 37268 | |
| SHANG | 30646 | 7487.5 | 21513 | 12402 | 30397 | 16717 | 2300 | 11006 | 24792 | 7700 | 30967 | 3955.5 | 2764 | 30027 | 28917 | 9280.7 | 30607 | 17479 | 16002 | 8792.1 | 35677 | 31479 | 30866 | 31026 | 30842 | 31017 | 27890 |
| QINSHI | 23457 | 16717 | 12402 | 23501 | 5668 | 11006 | 2500 | 16133 | 17984 | 23639 | 7100 | 23814 | 8800 | 17030 | 4900 | 32822 | 24415 | 23827 | 24421 | 24035 | 25025 | 42002 | 32052 | 34018 | 32042 | 619 | 27489 |
| XIAMEN | 9697 | 31094 | 4450 | 10225 | 13680 | 24792 | 16133 | 1330 | 30543 | 9643.6 | 22056 | 4515 | 10511 | 10710 | 17335 | 10656 | 9705.1 | 15193 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | |
| Tianjin | 35208 | 14000 | 27687 | 34718 | 20636 | 7700 | 17984 | 30543 | 1600 | 35634 | 10129 | 33001 | 34272 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | |
| HONGK | 3048 | 37360 | 13430 | 6234 | 21543 | 30967 | 23639 | 9643.6 | 35634 | 1312 | 28091 | 1012 | 6234 | 5819 | 24218 | 8034 | 17875 | 17336 | 23502 | 14684 | 8589 | 7897 | 7897 | 8004 | 8004 | 6788 | 2068 |
| LIANYUN | 27777 | 10352 | 18890 | 27525 | 1619 | 3955.5 | 6200 | 22056 | 10129 | 28091 | 1300 | 24814 | 2755 | 27045 | 5100 | 27734 | 10392 | 13092 | 13092 | 13092 | 13092 | 13092 | 13092 | 13092 | 13092 | 13092 | |
| SHANTU | 4504 | 33980 | 8444.3 | 7100 | 17001 | 2764 | 19368 | 4515 | 33001 | 1012 | 24814 | 1678 | 7693.2 | 1500 | 20226 | 1750.3 | 18090 | 16368 | 22779 | 76934 | 3000 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | |
| GUANG | 2800 | 36404 | 13960 | 20561 | 30027 | 23357 | 10511 | 34272 | 6234 | 2755 | 7693.2 | 1500 | 23736 | 1760.3 | 18090 | 16368 | 22779 | 76934 | 3000 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | |
| HUANG | 2800 | 36301 | 13651 | 1450 | 21248 | 23917 | 2200 | 10710 | 34233 | 5819 | 27045 | 8100 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | |
| QUANTO | 2394 | 16238 | 13580 | 23949 | 5610.5 | 9280.7 | 2200 | 1735 | 16132 | 24218 | 5500 | 20226 | 23736 | 23555 | 1000 | 24233 | 1000 | 18429 | 17024 | 23320 | 74112 | 23216 | 16381 | 1350 | 1389 | 1350 | |
| PONIG | 2700 | 36990 | 14210 | 1500 | 21893 | 30607 | 23814 | 10656 | 34908 | 8034 | 27734 | 1760.3 | 18090 | 16368 | 22779 | 76934 | 3000 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | |
| WENZH | 17436 | 22450 | 5739.5 | 18055 | 13817 | 17479 | 8500 | 9705.1 | 24063 | 17875 | 10700 | 13092 | 18090 | 17817 | 8700 | 18429 | 1065 | 16000 | 2000 | 21448 | 18111 | 17413 | 17568 | 17254 | 18012 | 18628 | |
| WUHAN | 17436 | 22450 | 5739.5 | 18055 | 13817 | 17479 | 8500 | 9705.1 | 24063 | 17875 | 10700 | 13092 | 18090 | 17817 | 8700 | 18429 | 1065 | 16000 | 2000 | 21448 | 18111 | 17413 | 17568 | 17254 | 18012 | 18628 | |
| YANGZ | 23228 | 16128 | 13869 | 23073 | 17193 | 8792.1 | 4500 | 17083 | 15005 | 23502 | 4400 | 19336 | 22779 | 22833 | 2700 | 23320 | 9500 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | |
| Zhanjiang | 6250 | 42173 | 20538 | 6000 | 28051 | 35877 | 23814 | 10656 | 34944 | 14564 | 33024 | 28607 | 24107 | 23531 | 27910 | 2404 | 26382 | 19452 | 18829 | 14765 | 7528.4 | 1900 | 14785 | 1782.4 | 1000 | 2443 | |
| ZHUIHA | 3750 | 37874 | 14432 | 2500 | 22394 | 31479 | 24415 | 10713 | 35924 | 8869 | 28607 | 8300 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | |
| ZHONG | 3400 | 37268 | 14136 | 6000 | 21955 | 30866 | 23927 | 10502 | 35252 | 7897 | 27394 | 7481.1 | 2283.2 | 2142.7 | 24291 | 16391 | 16428 | 17413 | 23531 | 7528.4 | 1900 | 14785 | 1782.4 | 1000 | 2443 | 22631 | |
| BEIJIAQ | 2700 | 37588 | 14763 | 1500 | 22493 | 31206 | 24421 | 1166 | 35476 | 7897 | 27394 | 8111.9 | 2286.9 | 1700 | 24943 | 1450 | 19012 | 17568 | 23928 | 6886.9 | 1900 | 1782.4 | 1000 | 14703 | 2166.3 | 23005 | |
| XIAOLIA | 3400 | 37268 | 14136 | 6000 | 22493 | 31206 | 24421 | 1166 | 35476 | 7897 | 27394 | 8111.9 | 2286.9 | 1700 | 24943 | 1450 | 19012 | 17568 | 23928 | 6886.9 | 1900 | 1782.4 | 1000 | 14703 | 2166.3 | 23005 | |
| JIANPING | 3100 | 38393 | 15840 | 1850 | 23511 | 32025 | 25402 | 12439 | 35125 | 8034 | 29154 | 9175 | 31316 | 2100 | 25784 | 2718.8 | 20064 | 18719 | 24813 | 57586.7 | 2200 | 2843 | 2166.3 | 2532.9 | 27909 | 23224 | |
| MANJIAN | 22367 | 15819 | 13567 | 22168 | 7728.9 | 9421.8 | 4700 | 16577 | 15184 | 22661 | 5000 | 18298 | 21843 | 21711 | 3600 | 22400 | 9100 | 8300 | 1800 | 27309 | 23224 | 22631 | 23005 | 22634 | 23867 | 1400 | 22209 |
| Foshan | 30421 | 36693 | 14244 | 19715 | 21775 | 30294 | 23642 | 10782 | 34500 | 35614 | 27412 | 73928.1 | 1372.6 | 1638.2 | 24016 | 1658.5 | 18379 | 16578 | 23049 | 74104 | 23894 | 22161 | 2079.2 | 1835 | 2862.3 | 22109 | |
| Wuhu | 20777 | 17416 | 1249 | 20568 | 72938 | 1107 | 6419 | 15042 | 16634 | 2068 | 1885.5 | 1778 | 20273 | 20136 | 5423.5 | 20825 | 9454.1 | 36401.6 | 26382 | 16739 | 2050 | 21431 | 2058 | 22301 | 2673.9 | 20541 | |
| Changshu | 20848 | 3261 | 25383 | 19807 | 27536 | 27804 | 27436 | 24349 | 27885 | 21365 | 25612 | 23605 | 18375 | 19255 | 26475 | 15644 | 26667 | 14868 | 24211 | 19530 | 19722 | 19667 | 19667 | 19667 | 19667 | 19667 | |

Figura 7A- Custos Inland restantes contenedores FCL

| Yardian | DALIANG | FUZHOU | Nansha | QINSHI | SHANG | XIAMEN | Tianjin | HONGK | LIANYUN | SHANTU | GUANG | HUANG | QUANTO | PONIG | WENZH | WUHAN | YANGZ | Zhanjiang | ZHUIHA | ZHONG | BEIJIAQ | XIAOLIA | JIANPING | MANJIAN | Foshan | Wuhu | Changshu |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|----------|----------|----------|----------|---------|--------|--------|----------|
| Yardian | 340 | 36383.74135 | 12593.18686 | 2400 | 20906.33594 | 30194.2343 | 22394.2411 | 3315.7 | 34555 | 2771 | 27200 | 4268 | 2400 | 23466 | 2600 | 17331 | 17035 | 22707 | 6160 | 3160 | 3160 | 2600 | 28166 | 2600 | 20282 | 20363 | |
| DALIANG | 36383.74135 | 1800 | 27723.75239 | 36106.90671 | 19038.76755 | 7128.84837 | 16263.8665 | 30443 | 10000 | 36694 | 9644 | 33349 | 35749 | 36646 | 14800 | 36328 | 23927 | 21647 | 14691 | 41488 | 37202.73 | 36582 | 36610.03 | 37717 | 15375 | 36001 | 16395 |
| FUZHOU | 1800 | 27723.75239 | 36106.90671 | 19038.76755 | 7128.84837 | 16263.8665 | 30443 | 10000 | 36694 | 9644 | 33349 | 35749 | 36646 | 14800 | 36328 | 23927 | 21647 | 14691 | 41488 | 37202.73 | 36582 | 36610.03 | 37717 | 15375 | 36001 | 16395 | 20282 |
| Nansha | 2500 | 36787.13804 | 9830.5 | 21513 | 12402 | 4450 | 27687 | 13430 | 18390 | 8444.3 | 13360 | 13651 | 13580 | 14210 | 5739.5 | 14136 | 13869 | 20538 | 14432 | 14390 | 15340 | 13677 | 14244 | 12445 | 25383 | 20363 | |
| NINGBO | 2800 | 19621.98305 | 9830.5 | 21513 | 12402 | 4450 | 27687 | 13430 | 18390 | 8444.3 | 13360 | 13651 | 13580 | 14210 | 5739.5 | 14136 | 13869 | 20538 | 14432 | 14390 | 15340 | 13677 | 14244 | 12445 | 25383 | 20363 | |
| SHANG | 30646 | 7487.5 | 21513 | 12402 | 23501 | 5668 | 11006 | 24792 | 23501 | 5668 | 11006 | 24792 | 23501 | 5668 | 11006 | 24792 | 23501 | 5668 | 11006 | 24792 | 23501 | 5668 | 11006 | 24792 | 23501 | 5668 | |
| XIAMEN | 9697 | 31094 | 4450 | 10225 | 13680 | 24792 | 16133 | 1330 | 30543 | 9643.6 | 22056 | 4515 | 10511 | 10710 | 17335 | 10656 | 9705.1 | 15193 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | 17033 | |
| Tianjin | 35208 | 14000 | 37475 | 20656 | 7700 | 27687 | 34908 | 1600 | 35634 | 10129 | 33001 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | 34233 | |
| HONGK | 3048 | 37360 | 13430 | 6234 | 21543 | 30967 | 23639 | 9643.6 | 35634 | 1312 | 28091 | 1012 | 6234 | 5818 | 24218 | 8034 | 17875 | 17336 | 17336 | 17336 | 17336 | 17336 | 17336 | 17336 | 17336 | 17336 | |
| LIANYUN | 27777 | 10352 | 18890 | 27525 | 1619 | 3955.5 | 6200 | 22056 | 10129 | 28091 | 1300 | 24814 | 2755 | 27045 | 5100 | 27734 | 10700 | 9700 | 4300 | 33024 | 28607 | 24107 | 23531 | 27910 | 29164 | 20693 | |
| SHANTU | 4504 | 33980 | 8444.3 | 7100 | 17001 | 2764 | 19328 | 4515 | 33001 | 1012 | 24814 | 1678 | 1678.2 | 8100 | 20226 | 1750.3 | 18090 | 16368 | 22779 | 76934 | 3000 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | |
| GUANG | 2800 | 36404 | 13960 | 20561 | 30027 | 23357 | 10511 | 34272 | 6234 | 2755 | 7693.2 | 1500 | 23736 | 1760.3 | 18090 | 16368 | 22779 | 76934 | 3000 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | |
| HUANG | 2800 | 36301 | 13651 | 1450 | 21248 | 23917 | 23148 | 10710 | 34233 | 5818 | 27045 | 8100 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | |
| QUANTO | 2394 | 16238 | 13580 | 23949 | 5610.5 | 9280.7 | 2200 | 1735 | 16132 | 24218 | 5500 | 20226 | 23736 | 23555 | 1000 | 24233 | 1000 | 18429 | 17024 | 23320 | 74112 | 23216 | 16381 | 1350 | 1389 | 18783 | |
| WENZH | 17436 | 22055 | 14136 | 16539 | 13877 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | 16002 | |
| YANGZ | 23228 | 16128 | 13869 | 23073 | 17193 | 8792.1 | 4500 | 17083 | 15005 | 23502 | 4400 | 19336 | 22779 | 22833 | 2700 | 23320 | 9500 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | 16000 | |
| Zhanjiang | 6250 | 42173 | 20538 | 6000 | 28051 | 35877 | 23814 | 10656 | 34908 | 8034 | 27734 | 1760.3 | 18090 | 16368 | 22779 | 76934 | 3000 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | 2269.2 | |
| ZHUIHA | 3750 | 37874 | 14432 | 2500 | 22394 | 31479 | 24415 | 10713 | 35924 | 8869 | 28607 | 8300 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | |
| ZHONG | 3400 | 37268 | 14136 | 6000 | 21955 | 30866 | 23927 | 10502 | 35252 | 7897 | 27394 | 7481.1 | 2283.2 | 2142.7 | 24291 | 16391 | 16428 | 17413 | 17413 | 17413 | 17413 | 17413 | 17413 | 17413 | 17413 | 17413 | |

| Cidade Origem | | Porto Destino | Delta custo | Delta Tempo |
|------------------|------|---------------|-------------|-------------|
| Situação atual | | | 0 | 0 |
| Xiaolan | | Nansha | -1922 | -187 |
| Wuhu | | Shanghai | -1183 | -40 |
| Zhongshan | para | Nansha | -806 | -20 |
| Foshan | | Nansha | -213 | -1 |
| Huangpu | | Nansha | -76 | -32 |
| Shantou | | Yantian | -60 | -96 |
| Jiangmen | | Yantian | 254 | -342 |
| Rongqi | | Yantian | 366 | -30 |
| Hong Kong | para | Yantian | 499 | -33 |
| Chongqing: Iter6 | para | Wuhan | 2359 | -22 |
| Lianyungang | | Qingdao | 71 | -5 |
| Nanjing | para | Shanghai | 393 | -10 |
| Dalian | para | Qingdao | 560 | -8 |
| Wuhan | | Ningbo | 1520 | -12 |
| Fuzhou | para | Xiamen | 1946 | -93 |
| Nantong | | Shanghai | 13723 | -280 |
| Tianjin | | Qingdao | 26096 | -210 |

Figura 8A- Valores das variáveis Tempo e Custo resultantes da retirada do porto

Custos Inland

A Fornecedor área

B Porto a utilizar

Tabela custo inland (mercadoria 2016)

| | YANTIAN | DALIAN | FUZHOU | NINGBO | QINGDAO | SHANGHAI | XIAMEN | TIANYU | HONG | LIANYUNG | SHANTOU | HUANGPU | NANTONG | RONGQI | WUHAN | ZHONGSHAN | XIAOLAN | JIANGMEN | NANJING | FOSHAN | WUHU | CHONGQING |
|-----------|----------|---------|-----------|-----------|---------|----------|--------|--------|------|----------|---------|-----------|------------|--------|----------|-----------|---------|----------|---------|--------|------------|-------------|
| YANTIAN | 65040,82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DALIAN | 0 | 183,345 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FUZHOU | 0 | 0 | 9177,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NINGBO | 0 | 0 | 83605,375 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 651,89376 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183,3452 | 0 |
| QINGDAO | 0 | 0 | 0 | 55046,385 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SHANGHAI | 0 | 0 | 0 | 0 | 62439,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| XIAMEN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96581,58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TIANYU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36832 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HONG KONG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1361 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LIANYUNG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132,4159 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SHANTOU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HUANGPU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NANTONG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5317,00848 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RONGQI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WUHAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 407,4336 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ZHONGSHAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| XIAOLAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| JIANGMEN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NANJING | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FOSHAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2723,68861 | 0 |
| WUHU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CHONGQING | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 301,1860289 |

Figura 9A- Sub rubrica de custo no ficheiro Excel FCL

Variável binária

A->B

B Porto a utilizar

Variável Binária

| | YANTIAN | DALIAN | FUZHOU | NINGBO | QINGDAO | SHANGHAI | XIAMEN | TIANYU | HONG | LIANYUNG | SHANTOU | HUANGPU | NANTONG | RONGQI | WUHAN | ZHONGSHAN | XIAOLAN | JIANGMEN | NANJING | FOSHAN | WUHU | CHONGQING |
|-----------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|--------|------|----------|---------|---------|---------|--------|-------|-----------|---------|----------|---------|--------|------|-----------|
| YANTIAN | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DALIAN | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FUZHOU | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NINGBO | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| QINGDAO | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SHANGHAI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| XIAMEN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TIANYU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HONG KONG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LIANYUNG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SHANTOU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HUANGPU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NANTONG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RONGQI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WUHAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ZHONGSHAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| XIAOLAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| JIANGMEN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NANJING | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FOSHAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WUHU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CHONGQING | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Som | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Figura 10A- Variáveis de decisão resultantes da otimização ficheiro Excel FCL

ANEXO B: CB

| | | COSTS per cbm | | | | | | |
|-------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | DE: | | | | | | |
| | | Hong Kong | Ningbo | Qingdao | Shanghai | Xiamen | Yantian | MOEDA |
| PARA: | Ningbo | 823,5417 | 85 | 510,7163 | 115 | 507,0556 | 818,1078 | CNY |
| | Qingdao | 1202,471 | 510,7163 | 150 | 399,3947 | 954,3264 | 1189,943 | CNY |
| | Shanghai | 907,9018 | 110 | 399,3947 | 90 | 605,7913 | 900,5853 | CNY |
| | Xiamen | 344,8175 | 507,0556 | 954,3264 | 605,7913 | 70 | 346,7258 | CNY |
| | Yantian | 56,18647 | 396,1891 | 555,0172 | 431,4191 | 194,8397 | 31,9988 | CNY |
| | HK | 86,17122 | 552,0824 | 766,458 | 599,8084 | 281,2486 | 98,687 | HKD |

Tabela 1B- Custos *Inland* CB

| | | | | Fornecedor- custos na origem | | | | | |
|--------------------------|------------|------------|--------------|------------------------------|-----------------------|-----------|-------------------|---------------|--------------|
| CFS Receiving Charge/CBM | | | | THC Origin/m3 | | | | BL FEE/house | VGM Fee /CBM |
| cbm break even | | | | 20' | 40' | 40'HC | 45' | | |
| Yantian | 2 | 26,19 USD | 17,46 USD | - USD | - USD | - USD | - USD | 50,93 USD | 0,90 USD |
| XIAMEN | 4 | 29,68 USD | 9,89 USD | 4,22 USD | 3,20 USD | 3,20 USD | 3,20 USD | 50,93 USD | 0,90 USD |
| NINGBO | 4 | 20,95 USD | 6,98 USD | 4,22 USD | 3,20 USD | 3,20 USD | 3,20 USD | 50,93 USD | 0,90 USD |
| SHANGHAI | 4 | 22,26 USD | 7,42 USD | 4,22 USD | 3,20 USD | 3,20 USD | 3,20 USD | 50,93 USD | 0,90 USD |
| QINGDAO | 4 | 26,19 USD | 8,73 USD | 4,22 USD | 3,20 USD | 3,20 USD | 3,20 USD | 50,93 USD | 0,90 USD |
| HONG KONG | 2 | 25,51 USD | 25,51 USD | - USD | - USD | - USD | - USD | 45,10 USD | 0,90 USD |
| | | | | | | | | | |
| Transporte | | | | Sonae- custos na chegada | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | THC_DESTINATION | DOCUMENTATION_CHARGES | PORT_TAX | Transport freight | | |
| 20' | 40' | 40'HC | 45' | contentor | contentor | contentor | base | incre/wh code | |
| 426,80 USD | 853,60 USD | 903,60 USD | 1.303,60 USD | 194,34 USD | 34,55 USD | 51,82 USD | 156,54925 | 53,9825 | |
| 426,80 USD | 853,60 USD | 903,60 USD | 1.303,60 USD | 194,34 USD | 34,55 USD | 51,82 USD | 156,54925 | 53,9825 | |
| 426,80 USD | 853,60 USD | 903,60 USD | 1.303,60 USD | 194,34 USD | 34,55 USD | 51,82 USD | 156,54925 | 53,9825 | |
| 426,80 USD | 853,60 USD | 903,60 USD | 1.303,60 USD | 194,34 USD | 34,55 USD | 51,82 USD | 156,54925 | 53,9825 | |
| 426,80 USD | 853,60 USD | 903,60 USD | 1.303,60 USD | 194,34 USD | 34,55 USD | 51,82 USD | 156,54925 | 53,9825 | |
| 426,80 USD | 853,60 USD | 903,60 USD | 1.303,60 USD | 194,34 USD | 34,55 USD | 51,82 USD | 156,54925 | 53,9825 | |
| 426,80 USD | 853,60 USD | 903,60 USD | 1.303,60 USD | 194,34 USD | 34,55 USD | 51,82 USD | 156,54925 | 53,9825 | |

Tabela 2B- Custos CB

| Hong Kong | Ningbo | Qingdao | Shanghai | Xiamen | Yantian | Grand Total |
|-----------|--------|---------|----------|--------|---------|-------------|
| 2 | 6 | 3 | 5 | 4 | 6 | |

Tabela 3B- Número médio de entrepostos visitados por CFS

| Sum of Actual Volume | | Column Label | Ningbo | | Qingdao | Shanghai | Wenzhou | Tianjin | Grand Total |
|----------------------|-----------|--------------|---------|---------|----------|----------|---------|-----------|-------------|
| Row Label | House Key | | | | | | | | |
| 1 | | | 144,418 | 29,75 | 162,491 | 55,288 | 177,019 | 336,659 | |
| 2 | | | 121,761 | | | 126,27 | 37,15 | 499,042 | |
| 3 | | | 101,986 | | | 224,071 | 137,09 | 847,95 | |
| 4 | | | 45,996 | 77,254 | 363,559 | 159,146 | 475,101 | 490,554 | |
| 5 | | | 109,425 | 60,09 | 49,053 | 179,743 | 121,53 | 379,791 | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | 213,123 | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | 39,027 | 19,7 | 37,674 | 60,567 | 71,4 | 131,67 | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | | | 37,615 | 19,24 | 44,529 | 63,682 | 112,89 | 328,608 | |
| 13 | | | 15,09 | 22,37 | 113,817 | 64,641 | 112,89 | 328,608 | |
| 14 | | | 11,55 | | 93,016 | 46,157 | 94,41 | 245,133 | |
| 15 | | | 54,622 | | 190,362 | 17,49 | 23,06 | 285,534 | |
| 16 | | | 34,46 | | 248,502 | 28,41 | 127,21 | 423,582 | |
| 17 | | | 59,11 | 20,38 | 149,371 | 49,459 | 25,14 | 303,46 | |
| 18 | | | 103,219 | | | 60,488 | 81,86 | 245,567 | |
| 19 | | | 89,295 | 16,12 | 151,503 | 86,839 | 99,87 | 442,727 | |
| 20 | | | 68,097 | 56,19 | 259,174 | 31,448 | 93,99 | 508,899 | |
| 21 | | | 141,605 | 37,42 | 370,942 | 191,585 | 176,03 | 917,582 | |
| 22 | | | 75,157 | 89,373 | 188,253 | 90,167 | 100,03 | 542,98 | |
| 23 | | | 163,173 | | | 211,745 | 77,71 | 457,628 | |
| 24 | | | 99,253 | 31,8 | 499,703 | 130,511 | 91,66 | 852,827 | |
| 25 | | | 123,428 | | 269,244 | 58,249 | 102,62 | 553,541 | |
| 26 | | | 24,956 | 21,955 | 381,918 | 63,892 | 72,83 | 571,551 | |
| 27 | | | 162,437 | 48,763 | 434,76 | 238,973 | 90,08 | 975,013 | |
| 28 | | | 92,876 | | 407,719 | 151,101 | 94,27 | 746,066 | |
| 29 | | | 122,414 | 61,899 | 354,647 | 112,25 | 228,08 | 879,29 | |
| 30 | | | 107,479 | 10,87 | 372,323 | 63,112 | 72,76 | 626,544 | |
| 31 | | | 104,881 | 87,9 | 462,346 | 55,685 | 107,23 | 818,042 | |
| 32 | | | 75,218 | 28,75 | 109,786 | 39,36 | 251,174 | 251,174 | |
| 33 | | | 118,413 | 24,05 | 666,965 | 109,753 | 83,05 | 1002,231 | |
| 34 | | | 57,907 | 57,733 | | 165,142 | 58,98 | 339,762 | |
| 35 | | | 41,013 | | 566,124 | 97,735 | 88,08 | 697,217 | |
| 36 | | | 82,662 | 31,91 | 183,473 | 137,55 | 532,93 | 532,93 | |
| 37 | | 27,403 | 106,897 | 73,705 | 285,977 | 154,84 | 82,63 | 731,552 | |
| 38 | | | 101,108 | 30,38 | 220,629 | 100,038 | 39,4 | 481,555 | |
| 39 | | | 120,606 | 51,57 | 67,742 | 73,195 | 48,35 | 361,663 | |
| 40 | | | 126,798 | 75,54 | 150,561 | 59,3 | 412,198 | 191,097 | |
| 41 | | | 87,498 | | 256,502 | 178,487 | 12,61 | 344 | |
| 42 | | | 193,53 | 14,2 | 130,42 | 255,67 | 138,549 | 524,639 | |
| 43 | | | 77,245 | 109,85 | 273,651 | 65,414 | 65,57 | 632,969 | |
| 44 | | 41,239 | 136,232 | 10,16 | 42,196 | 140,23 | 328,918 | 328,918 | |
| 45 | | | 132,593 | 10,98 | 261,824 | 56,347 | 122,61 | 584,254 | |
| 46 | | | 60,771 | 19,13 | 158,108 | 106,509 | 80,24 | 424,758 | |
| 47 | | | 93,873 | | 199,798 | 123,903 | 117,46 | 535,034 | |
| 48 | | | 116,246 | 41,518 | 60,791 | 157,39 | 556,946 | 556,946 | |
| 49 | | | 163,36 | 47,23 | 262,367 | 130,475 | 156,22 | 759,452 | |
| 50 | | | 265,406 | | 61,916 | 97,205 | 131 | 493,611 | |
| 51 | | | 85,925 | | 76,723 | 56,752 | 103,92 | 385,236 | |
| 52 | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | |
| Grand Total | | 68,642 | 469,654 | 156,169 | 1009,216 | 4851,924 | 4462,24 | 25747,245 | |

Tabela 4B- Distribuição da cubicagem por CFS e semana

| Count of House BL | | Column Label | Qingdao | | Shanghai | Wenzhou | Tianjin | Grand Total |
|-------------------|-----------|--------------|---------|-----|----------|---------|---------|-------------|
| Row Label | House Key | | | | | | | |
| 1 | | | 3 | | | | | |
| 2 | | | 1 | | | | | |
| 3 | | | 2 | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | 1 | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | 9 | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | 3 | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | 1 | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | | 1 | | | | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | | | 2 | | | | | |
| 17 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 19 | | | 2 | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 21 | | | 2 | | | | | |
| 22 | | | 3 | | | | | |
| 23 | | | 2 | | | | | |
| 24 | | | | | | | | |
| 25 | | | 6 | | | | | |
| 26 | | | 4 | | | | | |
| 27 | | | 7 | | | | | |
| 28 | | | 4 | | | | | |
| 29 | | | 2 | | | | | |
| 30 | | | 1 | | | | | |
| 31 | | | 1 | | | | | |
| 32 | | | 1 | | | | | |
| 33 | | | 1 | | | | | |
| 34 | | | 1 | | | | | |
| 35 | | | 1 | | | | | |
| 36 | | | 2 | | | | | |
| 37 | | | 2 | | | | | |
| 38 | | | 5 | | | | | |
| 39 | | | 4 | | | | | |
| 40 | | | 1 | | | | | |
| 41 | | | | | | | | |
| 42 | | | 4 | | | | | |
| 43 | | | | | | | | |
| 44 | | | 2 | | | | | |
| 45 | | | 1 | | | | | |
| 46 | | | 1 | | | | | |
| 47 | | | 4 | | | | | |
| 48 | | | 6 | | | | | |
| 49 | | | 1 | | | | | |
| 50 | | | 1 | | | | | |
| 51 | | | 1 | | | | | |
| 52 | | | 2 | | | | | |
| 53 | | | | | | | | |
| Grand Total | | 96 | 18 | 229 | 129 | 35 | 587 | |

Tabela 5B- Distribuição do n° de House BL antes da cubicagem mínima por CFS e semana

| Rank | Sum of Column 1 | Hang Kong | Minneapolis | Qingdao | Shanghai | Tianjin | Grand Total |
|-------------|-----------------|-----------|-------------|----------|----------|---------|-------------|
| 1 | 0 | 137,099 | 29,755 | 142,072 | 0 | 306,927 | 574,806 |
| 2 | 0 | 120,455 | 0 | 0 | 54,355 | 0 | 174,809 |
| 3 | 0 | 97,495 | 0 | 21,195 | 125,25 | 3,44 | 470,40 |
| 4 | 0 | 45,996 | 77,254 | 355,039 | 212,115 | 135,69 | 824,092 |
| 5 | 0 | 99,055 | 60,09 | 0 | 149,023 | 155,44 | 463,608 |
| 6 | 0 | 0 | 43,326 | 126,8 | 175,189 | 121,53 | 466,485 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 192,464 | 151,862 | 0 | 344,326 |
| 8 | 0 | 195,227 | 0 | 0 | 0 | 54,35 | 249,577 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43,38 | 43,38 |
| 10 | 0 | 29,187 | 19,7 | 34,794 | 0 | 8,17 | 91,857 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,567 | 71,4 | 131,967 |
| 12 | 0 | 36,733 | 15,54 | 41,193 | 60,562 | 0 | 154,028 |
| 13 | 0 | 15,09 | 22,15 | 106,621 | 60,164 | 110,31 | 314,635 |
| 14 | 0 | 8,54 | 0 | 77,934 | 38,483 | 94,41 | 219,369 |
| 15 | 0 | 50,926 | 0 | 181,408 | 15,44 | 23,06 | 276,834 |
| 16 | 0 | 24,46 | 0 | 245,732 | 28,41 | 126,57 | 462,172 |
| 17 | 0 | 59,11 | 20,38 | 139,462 | 43,675 | 25,14 | 287,767 |
| 18 | 0 | 103,219 | 0 | 0 | 52,219 | 80,83 | 233,318 |
| 19 | 0 | 37,555 | 12,72 | 145,495 | 82,991 | 98 | 426,751 |
| 20 | 0 | 64,667 | 56,19 | 242,38 | 29,557 | 92,46 | 488,254 |
| 21 | 0 | 140,735 | 37,42 | 359,131 | 191,585 | 176,03 | 904,901 |
| 22 | 0 | 73,407 | 87,303 | 178,292 | 87,41 | 110,03 | 526,482 |
| 23 | 0 | 161,861 | 0 | 0 | 202,472 | 77,71 | 442,043 |
| 24 | 0 | 98,983 | 31,26 | 474,798 | 126,26 | 91,01 | 822,311 |
| 25 | 0 | 104,259 | 0 | 264,371 | 55,803 | 102,62 | 521,053 |
| 26 | 0 | 9,53 | 20,105 | 378,685 | 50,661 | 70,35 | 529,331 |
| 27 | 0 | 155,207 | 48,763 | 426,631 | 235,793 | 90,08 | 956,624 |
| 28 | 0 | 85,466 | 0 | 338,206 | 133,978 | 92 | 704,671 |
| 29 | 0 | 122,414 | 58,83 | 334,076 | 106,469 | 224,41 | 846,399 |
| 30 | 0 | 108,189 | 10,87 | 359,404 | 61,986 | 72,76 | 611,209 |
| 31 | 0 | 101,289 | 87,9 | 437,031 | 53,994 | 104,66 | 764,874 |
| 32 | 0 | 72,158 | 28,75 | 0 | 104,907 | 38,47 | 244,285 |
| 33 | 0 | 116,737 | 21,154 | 639,167 | 103,789 | 83,05 | 963,934 |
| 34 | 0 | 54,637 | 54,654 | 0 | 161,259 | 58,12 | 338,67 |
| 35 | 0 | 41,013 | 0 | 546,014 | 0 | 85,44 | 672,467 |
| 36 | 0 | 79,572 | 31,91 | 174,581 | 81,317 | 134,53 | 502,01 |
| 37 | 27,403 | 102,355 | 73,705 | 273,025 | 150,034 | 82,13 | 708,66 |
| 38 | 0 | 90,77 | 20,38 | 208,072 | 94,752 | 39,4 | 453,374 |
| 39 | 0 | 112,136 | 50,47 | 58,082 | 64,427 | 46,07 | 336,385 |
| 40 | 0 | 124,948 | 75,54 | 139,349 | 0 | 56,79 | 396,667 |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 174,097 | 12,61 | 186,707 |
| 42 | 0 | 78,769 | 0 | 234,123 | 0 | 0 | 312,892 |
| 43 | 0 | 0 | 127,92 | 236,234 | 121,708 | 0 | 491,862 |
| 44 | 0 | 188,722 | 10,21 | 0 | 66,776 | 236,7 | 504,408 |
| 45 | 41,239 | 78,655 | 109,85 | 249,003 | 57,4 | 65,57 | 599,727 |
| 46 | 0 | 134,64 | 6,62 | 0 | 36,665 | 140,23 | 316,155 |
| 47 | 0 | 121,846 | 10,98 | 232,521 | 51,716 | 120,91 | 531,973 |
| 48 | 0 | 48,385 | 17,4 | 147,95 | 102,274 | 80,24 | 396,245 |
| 49 | 0 | 93,003 | 0 | 194,079 | 115,639 | 115,93 | 516,336 |
| 50 | 0 | 115,371 | 39,518 | 49,987 | 179,183 | 185,55 | 538,009 |
| 51 | 0 | 162 | 47,23 | 251,035 | 126,672 | 154,14 | 743,077 |
| 52 | 0 | 262,422 | 0 | 0 | 82,715 | 131 | 475,637 |
| 53 | 0 | 85,925 | 61,916 | 76,723 | 52,704 | 103,92 | 318,888 |
| Grand Total | 63,642 | 4406,438 | 1527,738 | 9555,667 | 4594,262 | 4420,49 | 24662,927 |

Tabela 6B- Distribuição da cubicagem depois cubicagem mínima por CFS e semana

[illegible]

Tabela 7B- Distribuição do nº total de House BL por CFS e semana

| | Variável Binária | | | | | |
|-----------|------------------|--------|---------|----------|--------|---------|
| | Hong Kong | Ningbo | Qingdao | Shanghai | Xiamen | Yantian |
| Hong Kong | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ningbo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Qingdao | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Shanghai | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Xiamen | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Yantian | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabela 8B- Variáveis de decisão resultantes da otimização ficheiro Excel CB

| | Hong Kong | Ningbo | Qingdao | Shanghai | Xiamen | Yantian |
|----|-----------|--------|---------|----------|--------|---------|
| 1 | 0 | 0 | 853,6 | 4418 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1807,2 | 903,6 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 4894,8 | 1807,2 | 853,6 |
| 4 | 0 | 0 | 1330,4 | 5798,4 | 3514,4 | 2184 |
| 5 | 0 | 0 | 903,6 | 1707,2 | 2610,8 | 2234 |
| 6 | 0 | 0 | 903,6 | 2184 | 2710,8 | 1807,2 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 3137,6 | 2660,8 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 3087,6 | 0 | 903,6 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 853,6 |
| 10 | 0 | 0 | 426,8 | 1280,4 | 0 | 426,8 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 903,6 | 1280,4 |
| 12 | 0 | 0 | 426,8 | 1330,4 | 903,6 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 426,8 | 1807,2 | 1280,4 | 1757,2 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 1707,2 | 853,6 | 1707,2 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 3564,4 | 426,8 | 426,8 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 3991,2 | 853,6 | 1807,2 |
| 17 | 0 | 0 | 426,8 | 3087,6 | 853,6 | 853,6 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 1707,2 | 903,6 | 1330,4 |
| 19 | 0 | 0 | 426,8 | 3514,4 | 1330,4 | 1707,2 |
| 20 | 0 | 0 | 903,6 | 4518 | 853,6 | 1707,2 |
| 21 | 0 | 0 | 853,6 | 7178,8 | 2710,8 | 2660,8 |
| 22 | 0 | 0 | 1707,2 | 3614,4 | 1707,2 | 1707,2 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 2610,8 | 3137,6 | 1330,4 |
| 24 | 0 | 0 | 853,6 | 8132,4 | 2184 | 1707,2 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 5421,6 | 903,6 | 1757,2 |
| 26 | 0 | 0 | 426,8 | 5798,4 | 903,6 | 1280,4 |
| 27 | 0 | 0 | 903,6 | 8132,4 | 3564,4 | 1330,4 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 7128,8 | 2234 | 1707,2 |
| 29 | 0 | 0 | 903,6 | 6702 | 1757,2 | 3514,4 |
| 30 | 0 | 0 | 426,8 | 6702 | 903,6 | 1280,4 |
| 31 | 0 | 0 | 1330,4 | 8032,4 | 903,6 | 1757,2 |
| 32 | 0 | 0 | 853,6 | 1280,4 | 1757,2 | 853,6 |
| 33 | 0 | 0 | 426,8 | 10793,2 | 1757,2 | 1330,4 |
| 34 | 0 | 0 | 903,6 | 903,6 | 2660,8 | 903,6 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 8509,2 | 0 | 1330,4 |
| 36 | 0 | 0 | 853,6 | 3614,4 | 1707,2 | 2184 |
| 37 | 0 | 0 | 1330,4 | 5421,6 | 2610,8 | 1757,2 |
| 38 | 0 | 0 | 426,8 | 4518 | 1707,2 | 853,6 |
| 39 | 0 | 0 | 903,6 | 2710,8 | 1280,4 | 853,6 |
| 40 | 0 | 0 | 1330,4 | 3991,2 | 0 | 903,6 |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2660,8 | 426,8 |
| 42 | 0 | 0 | 0 | 4894,8 | 0 | 0 |
| 43 | 0 | 0 | 2184 | 3614,4 | 2234 | 0 |
| 44 | 0 | 0 | 426,8 | 2710,8 | 1330,4 | 3564,4 |
| 45 | 0 | 0 | 1757,2 | 4944,8 | 1280,4 | 1757,2 |
| 46 | 0 | 0 | 426,8 | 2184 | 853,6 | 2184 |
| 47 | 0 | 0 | 426,8 | 5421,6 | 903,6 | 1807,2 |
| 48 | 0 | 0 | 426,8 | 3137,6 | 1757,2 | 1330,4 |
| 49 | 0 | 0 | 0 | 4368 | 1807,2 | 1757,2 |
| 50 | 0 | 0 | 853,6 | 2660,8 | 2710,8 | 2234 |
| 51 | 0 | 0 | 903,6 | 5848,4 | 2184 | 2234 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 3614,4 | 1707,2 | 1807,2 |
| 53 | 0 | 0 | 903,6 | 2560,8 | 903,6 | 1757,2 |

Tabela 9B- Rúbrica de custo no ficheiro Excel CB

ANEXO C: Outros

| | TT dias- real KN |
|-------------|------------------|
| | Lisboa+ Sines |
| Yantian | 32 |
| DALIAN | 46 |
| FUZHOU | 36 |
| Nansha | 32 |
| NINGBO | 32 |
| QINGDAO | 37 |
| SHANGHAI | 34 |
| XIAMEN | 33 |
| Tianjin | 43 |
| HONG KONG | 32 |
| LIANYUNGANG | 42 |
| SHANTOU | 35 |
| GUANGZHOU | 38 |
| HUANGPU | 40 |
| NANTONG | 39 |
| RONGQI | 35 |
| WENZHOU | 43 |
| WUHAN | 40 |
| YANGZHOU | 40 |
| Zhanjiang | 39 |
| ZHUHAI | 39 |
| ZHONGSHAN | 36 |
| BEIJIAO | 46 |
| XIAOLAN | 43 |
| JIANGMEN | 38 |
| NANJING | 39 |

Tabela 1C- Tempo de Trânsito de Referência

Tabela 2C- Parâmetros usados na otimização CB

Tabela 3C- Parâmetros usados na otimização
FCL

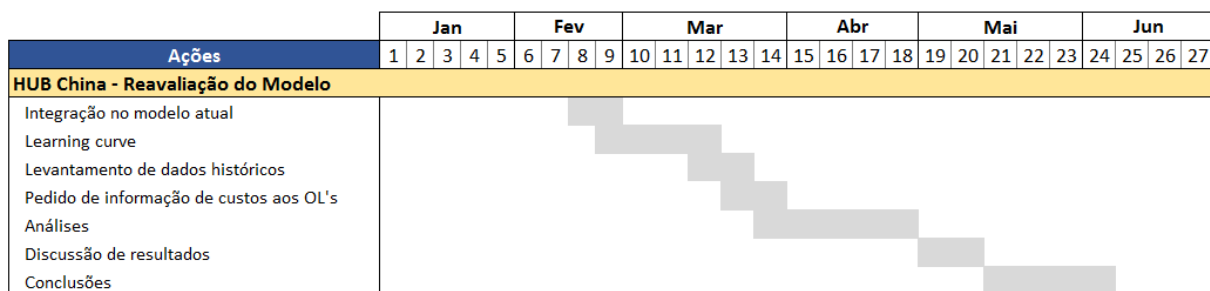


Figura 4C - Planeamento temporal do projeto

Incoterms para qualquer modo de transporte:

- EXW – “Ex Works” – a mercadoria é colocada à disposição do comprador na fábrica ou armazém do vendedor
- FCA – “Free Carrier” – as obrigações do vendedor terminam a partir do momento em que entrega a mercadoria ao transportador internacional acordado com o comprador
- CPT – “Carriage Paid To...” – o frete para o transporte da mercadoria é contratado e pago pelo vendedor, cessando a sua responsabilidade a partir do momento em que entrega a carga ao transportador
- CIP – “Carriage and Insurance Paid to...” – semelhante ao CPT, com o acréscimo do pagamento do seguro até ao destino
- DAT – “Delivered at Terminal” – o vendedor assume todas as despesas de transporte e descarga de mercadoria no porto de destino, não assumindo as formalidades de importação. A sua responsabilidade termina no momento em que coloca a mercadoria à disposição do comprador
- DAP – “Delivered At Place” – semelhante ao DAT, embora o vendedor não assuma a descarga da mercadoria no destino
- DDP – “Delivery Duty Paid” – Incoterm com maior grau de responsabilidade atribuído ao vendedor. Este assume todos os riscos e custos referentes ao transporte da mercadoria até à entrega no local acordado com o comprador, incluindo as formalidades de importação

Incoterms para transportes marítimos e águas navegáveis interiores:

- FAS – “Free Alongside Ship” – o vendedor cessa a sua responsabilidade no momento em que coloca a mercadoria pronta para exportação ao lado do navio que efetuará o transporte
- FOB – “Free On Board” – semelhante ao FAS, embora a passagem de responsabilidade seja feita apenas no momento em que a mercadoria transpõe o limite exterior do navio
- CFR – “Costs and Freight” – o vendedor é responsável por colocar a mercadoria a bordo do navio, assim como o custo do frete e o despacho de exportação
- CIF – “Costs Insurance and Freight” – semelhante ao CFR, com o acréscimo do valor do seguro de transporte para o vendedor

Texto 5C- Incoterms

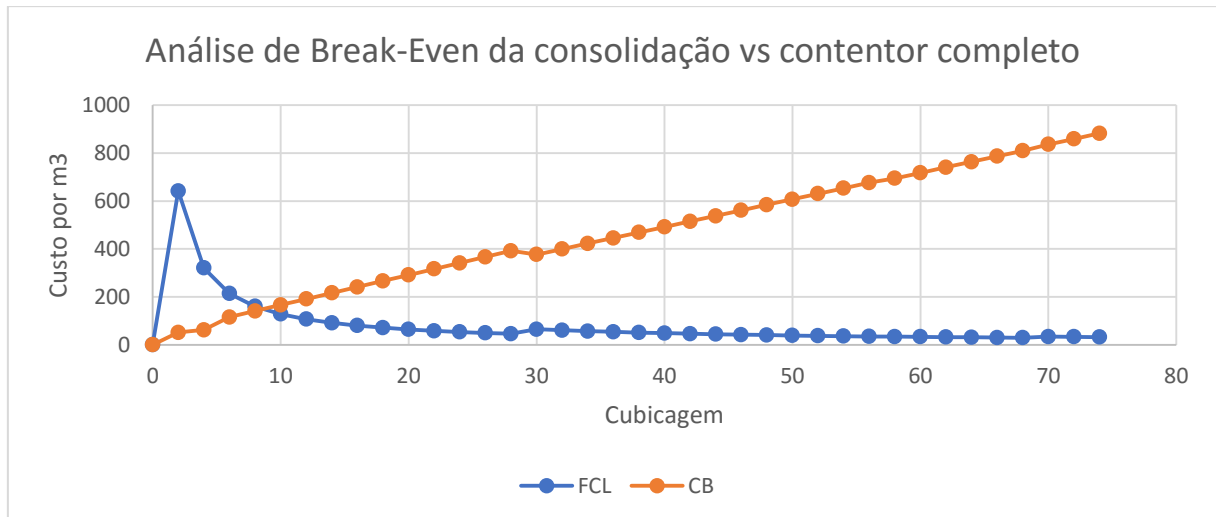


Figura 6C – Análise de custo/m³ FCL e CB